

ВЕСТНИК
НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА "ХПИ"

ISSN 2079-5459

Сборник научных трудов

2'2011

***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. Лупиков, 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. - №2. - 148с.

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 № 2 від 08.02.2011

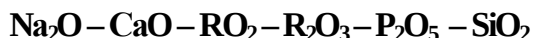
Національний технічний університет „ХПІ" 2011

УДК 666.213

О.В. САВВОВА, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

О.В. БАБИЧ, аспірант, НТУ «ХПИ»

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ФОСФАТІВ КАЛЬЦІЮ НА ТКЛР БІОСУМІСНИХ СТЕКОЛ СИСТЕМИ



В статті досліджено вплив кристалізаційної здатності стекел системи $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{RO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{SiO}_2$ на їх ТКЛР. Визначено, що для забезпечення високих експлуатаційних характеристик ситалів для кісткового ендопротезування на основі дослідних стекел необхідною умовою є забезпечення їх ТКЛР в межах $86 - 98 \cdot 10^{-7} \text{град}^{-1}$, зокрема, за рахунок кристалізації гідроксиапатиту.

В статье исследовано влияние кристаллизационной способности стекел системы $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{RO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{SiO}_2$ на их ТКЛР. Определено, что для обеспечения высоких эксплуатационных характеристик ситаллов для костного эндопротезирования на основе исследуемых стекел необходимым условием является обеспечение их ТКЛР в пределах $86 - 86 \cdot 10^{-7} \text{град}^{-1}$, в частности, за счет кристаллизации гидроксиапатита.

In articles influence of crystallization abilities of glasses in system $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{RO}_2 - \text{R}_2\text{O}_3 - \text{P}_2\text{O}_5 - \text{SiO}_2$ on them CTE is investigated. It is defined, that for maintenance of high operational characteristics of vitreous ceramic materials for bone endoprosthetics on the basis of research glasses a necessary condition is their CTE maintenance in limits $86 - 86 \cdot 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, in particular, at the expense of hidroxyapatite crystallization.

Вступ. При створенні біосумних стекел та склокристалічних матеріалів на їх основі важливим є їх відповідність комплексу наступних вимог: медико-біологічних, хімічних, механічних та технологічних. До важливих експлуатаційних характеристик, які пред'являються до вказаних видів матеріалів, відносяться термічні властивості, зокрема температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР). Забезпечення необхідних показників ТКЛР для біосумних стекел дозволить отримувати на їх основі ситали для імплантатів з необхідним комплексом властивостей.

За даними Саркісова П.Д. [1] значення ТКЛР для наступних видів матеріалів, які використовуються в кістковому ендопротезуванні складає: для титанового сплаву – $99 \cdot 10^{-7} \text{град}^{-1}$, для корундової кераміки – $(60 - 80) \cdot 10^{-7} \text{град}^{-1}$, для біоситалів – $(80 - 100) \cdot 10^{-7} \text{град}^{-1}$.

Синтез біосумних стекел та ситалів проводять на основі кальцій фосфатних, кальційсилікофосфатних або кальційалюмофосилікофосфатних систем з метою кристалізації в них фосфатів кальцію – основної мінералогічної складової кісткової тканини. В залежності від співвідношення $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ в даних стеклах можуть бути одержані кристалічні фази з різними фізико-хімічними показниками. Так, при підвищенні даних стеклах співвідношення $\text{CaO}/\text{P}_2\text{O}_5$ від 1

до 1,7 розчинність зменшується, а ТКЛР зростає. Для склокристалічних матеріалів результуючий ТКЛР залежить від кількісного співвідношення фаз і, зокрема, від кількості склоподібної фази, що залишилася в ситалі. Крім того, на температурну зміну цього коефіцієнту впливають поліморфні перетворення. Сумарний ТКЛР полікристалічного матеріалу є усередненою величиною від алгебраїчного додавання ТКЛР різних фаз, які складають цю систему. Так, для хімічних елементів фосфору та для кальцію ТКЛР складає відповідно $37,6 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ та $220 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ в температурному інтервалі 0 – 300 °С; для гідроксіапатиту (ГАП) значенням даного показника складає $138 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ [2, 3]. Окрім фосфатів кальцію в даних стеклах після варки та термообробки можуть кристалізуватися інші фази, які будуть значно впливати на властивості кінцевого матеріалу [4]. Наприклад, кристалічні фази кварцу та кристобаліту значно підвищують ТКЛР, так як мають достатньо високі значення ТКЛР в температурному інтервалі 20 – 600 °С відповідно $237 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ та $271 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹, рутил має власний ТКЛР близько $78 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹, воластоніт – $94 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ в температурному інтервалі 100 – 200 °С, циркон – $42 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ [5], ZrTiO_4 – $58 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹, для моноклінного ZrO_2 з розміром часток 0,1 мкм – $13 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ [6]. В цілому фосфатні стекла характеризуються більш високими показниками ТКЛР, аніж силікатні стекла, що пов'язано з їх структурою [7].

Метою даної роботи є дослідження впливу кристалізаційної здатності біосумісних стекел системи $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{RO}_2-\text{R}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$ на їх ТКЛР.

Методика експерименту. Наявність кристалічної фази в дослідних стеклах після випалу було встановлено за допомогою рентгенофазового аналізу на установці «ДРОН-ЗМ». Відносне подовження матеріалу при нагріванні $\Delta l_n - l_k$ визначали на вертикальному кварцовому дилатометрі.

Термічний коефіцієнт лінійного розширення $\alpha \cdot 10^{-7}$, (град⁻¹) розраховують для кожного температурного інтервалу $t_n - t_k$, де t_n – початкова температура зразку, °С або температура приміщення; t_k – кінцева температура зразку, °С при початковій довжині зразку l_n , (мм), абсолютному подовженню його $\Delta l_{t_n - t_k}$, (мм) та поправці до приладу K , ($\mu \cdot \text{мм}^{-1}$) за формулою 2:

$$a_{t_n - t_k} = \frac{1000 \cdot \Delta l_{t_n - t_k} + K \cdot l_n}{1000 \cdot (t_k - t_n) \cdot l_n} \quad (1)$$

Відносне подовження матеріалу, яке виражене в відсотках, при тих же значеннях t_n , t_k , l_n , $\Delta l_{t_n - t_k}$ та K розраховують за формулою 1:

$$\Delta_{t_n - t_k} = \frac{1000 \cdot \Delta l_{t_n - t_k} + K \cdot l_n}{10 \cdot l_n} \quad (2)$$

Експериментальні результати та їх обговорення. В роботі при вивченні склоутворення в системі $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{RO}_2-\text{R}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$ було синтезовано 12 складів дослідних біосумісних стекел (БС).

Для визначення впливу кристалічної фази на ТКЛР дослідних стекел було проведено їх рентгенофазовий аналіз (РФА) після варки та дилатометричні дослідження. За даними РФА дослідні кальційсилікофосфатні стекла характеризуються різною кристалізаційною здатністю після варки.

Так, в стеклах БС–1 та БС–3, які характеризуються співвідношенням $\text{CaO/P}_2\text{O}_5 = 1,5$ та вмістом SiO_2 50 мол. %, спостерігається значна кількість кристалічних фаз кварцу та кристобаліту після варки. Найвищий вміст ГАП у склі БС-1 пояснюється сумісним впливом каталізаторів кристалізації TiO_2 , ZrO_2 та Al_2O_3 . Скло БС-3 характеризується незначною наявністю кристалічних фаз ГАП, рутилу та анатазу.

Стекла БС–5 та БС–7 характеризуються співвідношенням $\text{CaO/P}_2\text{O}_5 = 1,5$ та вмістом SiO_2 50 мол. %. Однак, в даних стеклах спостерігається значно менший вміст ГАП, у порівнянні зі склом БС–1, та незначний вміст кристалічних фаз $\text{CaZr}_4(\text{PO}_4)_6$, кварцу та кристобаліту. Скло БС–7 також містить незначну кількість рутилу та ZrTiO_4 .

Стекла БС–11 та БС–12 характеризуються співвідношенням $\text{CaO/P}_2\text{O}_5 = 4$ та вмістом SiO_2 55 мол. %. Скло БС–11 відзначається високим вмістом ГАП після варки. У склі БС-12, у порівнянні зі склом БС–11, спостерігається деяке зниження вмісту ГАП, однак відзначається інтенсивна кристалізація ZrTiO_4 та незначний вміст кварцу, кристобаліту та рутилу.

За даними дилатометричних досліджень найвищим показником ТКЛР в температурному інтервалі 25 – 800 °С характеризується дослідне скло БС–1, оскільки характеризується значною кількістю кристобаліту та ГАП (табл.). Зниження вмісту ГАП та поява кристалічних фаз рутилу та анатазу в склі БС–3 значно позначається на зниженні ТКЛР до $67,29 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ в температурному інтервалі 25 – 700 °С.

Для стекол БС–5 та БС–7 зниження вмісту фосфатів кальцію, у порівнянні зі склом БС–1, призводить до загального зниження ТКЛР. Для скла БС–7 зниження ТКЛР також пов'язане з наявністю в його складі кристалічних фаз анатазу, рутилу та титанату цирконію.

Зниження вмісту оксиду натрію до 10 мол. % в стеклах БС–11 та БС–12 призводить до деякого зниження ТКЛР в температурному інтервалі 25 – 800 °С до $98 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ та $95 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ відповідно. Скло БС–11 характеризується високим вмістом ГАП, однак вміст B_2O_3 5 мол. % значною мірою впливає на зниження ТКЛР даного скла, у порівнянні зі склом БС–1, яке містить таку ж кількість ГАП. У склі БС–12 зниження вмісту ГАП та високий вміст ZrTiO_4 , у порівнянні зі склом БС–11, компенсується наявністю в ньому кварцу та кристобаліту, і тому показник ТКЛР для даних стекол є практично однаковим.

За кривими відносного подовження $\Delta l/l$, % дослідних стекол були визначені важливі характеристичні температури необхідні для режиму термообробки стекол: температура склування T_g , та дилатометрична температура розм'якшення $T_{\text{дил.}}$, які знаходяться в межах відповідно 400 – 500 та 600 – 700 °С (табл., рис.).

Отже, за даними РФА та дилатометричними дослідженнями дослідних біосумісних стекол у якості основи для одержання ситалів для кісткового ендопротезування були обрані стекла БС–7, БС–11, БС–12 з ТКЛР в межах $86 - 98 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹, зокрема, за рахунок кристалізації гідроксіапатиту та титанату цирконію.

Таблиця – Значення ТКЛР, температура склування та температура розм'якшення дослідних стекол

Температурний інтервал, T _g , T _{дил.} , °C	Дослідні стекла БС					
	1	3	5	7	11	12
	Значення ТКЛР ($\alpha \cdot 10^{-7}$), град ⁻¹					
25-100	89	11,07	49	8	15	8
25-200	92	80,29	107	55	66	55
25-300	97,78	94,44	112	78	80	68
25-400	100,2	90,26	120	81	95	73
25-500	107,07	90,12	121	100	109	94
25-600	119,06	83,74	132	109	113	104
25-700	114,34	67,29	111	99	120	103
25-800	115,11	–	–	86	98	95
T _g	400	400	500	400	400	400
T _{дил.}	700	600	600	700	700	700

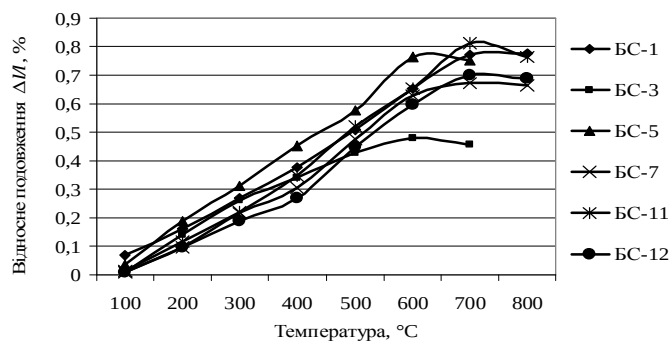


Рис. Відносне подовження дослідних стекол

Висновки. За комплексом проведених досліджень встановлено, що для дослідних біосумісних стекол величина ТКЛР знаходиться в межах від 67 до $115 \cdot 10^{-7}$ град⁻¹ і залежить від кількісного співвідношення кристалічних фаз. В області високотемпературних стекол показники ТКЛР визначаються вмістом ГАП та ZrTiO₄. Для стекол з вмістом SiO₂ 50 мол. % ТКЛР пов'язаний з інтенсивною кристалізацією ГАП, кристобаліту та рутилу.

Список літератури: 1. Саркисов П.Д. Направленная кристаллизация стекла – основа получения многофункциональных стеклокристаллических материалов / Саркисов П.Д. – М.:РХТУ им. Д.И.Менделеева, 1997. – 218 с. 2. Матрюкова Д.Л. Стеклокерамика с регулируемой пористой структурой для медицины / Д.Л. Матрюкова, Б.И. Белецкий, О.В. Полухина // Стекло и керамика. – 2007. – № 4. – С. 23 – 26. 3. Шпак А.П. Апатиты / Шпак А.П., Карбовский В.Л., Трачевский В.В. – К. : Академперіодика, 2002. – С. 412. 4. Каназава Т. Неорганические фосфаты / Каназава Т. ; пер. с англ.; под. ред. А.П. Шпака, В.Л. Карбовского. – К. : Наукова думка. 1998. С. 38. 5. Павлушкин Н.М. Основы технологии ситаллов / Павлушкин Н.М. – М. : Стройиздат, 1979. – 360 с. 6. Pat. 4,758,542 USA, C04B 35/46; C04B 35/49. Low thermal expansion ZrTiO₄ – Al₂TiO₅ – ZrO₂ / Frederick J. Parker, assignee W.R. Grace & Co. – № 82,698; Filled Aug. 7, 1987; date of patent Jul. 19, 1988. P. 20. 7. Брагина Л.Л. Технология эмали и защитных покрытий: Учеб. пособие / Л.Л. Брагина, А.П. Зубехин, Я.И. Белый и др.; под ред. Л.Л. Брагиной, А.П. Зубехина. – Харьков: НТУ «ХПИ»; Новочеркасск: ЮРГТУ (НПИ), 2003. – 483 с.

Надійшла до редколегії 15.01.11

М.С. БОЙКО, студентка, НТУ "ХПИ"

Н.Ф. КЛЕЩЕВ, докт. техн. наук, проф., НТУ "ХПИ"

Л.В. ГОРБУНОВ, докт. с.-х. наук, доцент, НТУ "ХПИ"

ОПТИМИЗАЦИЯ КРИОБИОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕДУР, СВЯЗАННЫХ С ДЛИТЕЛЬНОМ ХРАНЕНИЕМ ЭМБРИОНОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

Проведен сравнительный анализ качественных и количественных методов оценки эффективности замораживания биообъектов. Установлена наиболее перспективная технология замораживания эмбрионов млекопитающих на основе медленных скоростей охлаждения. Исследовано влияние разнокачественности эмбрионов и критерия оценки пригодности на уровень их жизнеспособности. Применение относительной величины выживаемости сводит к минимуму влияние индивидуальных свойств биообъекта на технологию.

Проведено порівняльний аналіз якісних та кількісних методів оцінки ефективності заморожування біооб'єктів. Встановлена найбільш перспективна технологія заморожування ембріонів ссавців на основі повільних швидкостей охолодження. Досліджені вплив різноякісності ембріонів та критерію оцінки придатності на рівень їх життєздатності. Використання відносної величини виживаності зводить до мінімуму вплив індивідуальних властивостей біооб'єкта на результат оцінки ефективності технології.

The comparative analysis of qualitative and quantitative methods of an estimation of viability of bioobjects is carried out. It's established, that the most perspective technologies of freezing embryo mammal are on the basis of slow speeds of cooling. Influence different quality of embryo and criterion of an estimation of suitability on a level of their viability is investigated. Application of relative size of survival promotes decrease effect of individual properties of bioobject the technique.

Существующее многообразие методов криоконсервирования био-объекта, основанных на применении медленных, высоких и сверхвысоких скоростей охлаждения, дает возможность выбора доступной технологии [1-6]. Однако при выборе направления встает проблема оценки эффективности технологии существующих методов замораживания [7-11]. Наиболее распространенный способ оценки технологии криоконсервирования основывается на определении уровня сохранности деконсервированного биообъекта [1-6,11-13]. Однако показатель сохранности биообъекта зависит от многих факторов, таких как: биологическая разнокачественность эмбрионов, обусловленная получением биообъекта от разных видов и пород животных с разными условиями кормления и содержания; критерия оценки уровня пригодности биообъекта для дальнейшего использования; стадии развития зародыша [7-13].

Влияние пригодности биообъектов на уровень их жизнеспособности можно устранить посредством перехода от качественного метода оценки жизнеспособности биологического материала к количественному. Это возможно благодаря переходу от двухбалльной шкалы оценки качества (пригодные и непригодные биообъекты) к пятибалльной шкале оценки жизнеспособности биообъекта и последующим численным выражением этих показателей. Переход

от абсолютного показателя жизнеспособности к относительному – эффективности, дает возможность устранить влияние разнокачественности на оценку технологии замораживания биологического материала [7-11].

Целью работы являлось определение эффективности технологий криоконсервирования эмбрионов млекопитающих основанных на применении медленных скоростей замораживания.

Материалы и методы

Объектами исследования служили эмбрионы мыши и крупного рога-того скота (КРС), находившиеся на стадии развития от ранней морулы до поздней бластоцисты. Оценка жизнеспособности производилась по морфологическим показателям [13]. Оценка целостности биообъекта осуществлялась при помощи метода видеофиксации эмбрионов с последующей оцифровкой видеоизображения и записью на компьютер, тем самым повышалась точность визуальной оценки уровня сохранности конкретного эмбриона [14].

При получении эмбрионов использовались общепринятые методики [13]. Для вымывания эмбрионов коровы применяли стандартную среду Дюльбекко с добавлением антимикробных препаратов (ампициллина 100 ед/см³ и гентамицина 12 мкг/см³) и фетальной сыворотки теленка (1% ÷ 2%) непосредственно перед вымыванием.

Для криоконсервирования использовали свежеполученные эмбрионы с оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» для мышей, а для коров – с оценкой «отлично» и «хорошо». В качестве криопротектора для эмбрионов мыши использовали 1М раствор глицерина, приготовленный на среде Дюльбекко. Эмбрионы коровы перед замораживанием насыщали глицерином или этиленгликолем, приготовленных на среде Дюльбекко с добавлением 20% фетальной сыворотки [14]. Насыщение криопротектором проводилось одноступенчатым способом при комнатной температуре. Замороженные эмбрионы хранили непосредственно в жидком азоте в сосудах Дьюара. После оттаивания эмбрионы отмывали от криопротектора путем внесения их в 0,75М раствор сахарозы.

Сохранность эмбрионов рассчитывали по формуле:

$$S_j = \left(\frac{n_k}{n} \right) \cdot 100\% \quad (1),$$

где n – количество нативных эмбрионов определенного i -го качества, n_k – количество культивируемых эмбрионов (доросших до следующей стадии развития) заданного качества.

Жизнеспособность и выживаемость эмбрионов рассчитывали по формуле (2, 3):

$$V_j = \frac{1}{n_c} \left(\sum_{i=2}^k H_i \cdot n_{ij} \right) \cdot 100\% \quad (2),$$

где V_j – общая жизнеспособность биообъекта на j -ом этапе операции криоконсервации; n_c – количество свежеполученных эмбрионов; n_{ij} – количество биообъекта i -го качества на j -ом этапе операции криоконсервации; k – число

различных качественных состояний биообъекта; N_i – вероятность развития нативного биообъекта i -го качества в условиях *in vivo* или *in vitro*.

$$W = (V_d / V_n) \cdot 100\%, \quad (3),$$

где V_n – жизнеспособность эмбрионов до замораживания; V_d – жизнеспособность эмбрионов на определенном технологическом этапе [4, 5].

Результаты

Общеизвестно, что показатель сохранности эмбриона для мышей после культивирования в условиях *in vitro* снижается к 95% для отличного качества эмбрионов, 85% - хорошего, 70% - удовлетворительного, а для КРС 85%, 70%, 30% - соответственно [11, 12]. Для оценки уровня сохранности деконсервированных эмбрионов разного качества нами использовались данные, полученные в лаборатории "криоконсервации половых клеток и эмбрионов животных" на протяжении 15 лет. Для повышения точности оценки состояния эмбрионов, на первом этапе работы, был осуществлен переход от двухбалльной к пятибалльной шкале оценки качества эмбрионов формулы (1, 2, 3) [7, 9].

Сравнивая величины минимальных количеств измерений, обеспечивающих достоверный результат [15], установили, что для качественного метода, эта величина составляет несколько сотен, а для количественного – единицы или десятки эмбрионов. С учетом стоимости эмбриона КРС (1500 ÷ 2000 грн.) количественные методы оценки более пригодны.

При учете клеток удовлетворительного качества величины погрешности превышают допустимый 5% уровень (10,6% ÷ 23,4%), а при рассмотрении только отличного и хорошего – находятся в пределах нормы (3,5% ÷ 4,6%). Исходя из этих данных аналогичным образом была определена жизнеспособность эмбрионов мышей после низкотемпературного консервирования при использовании различных технологий (таблица 1). В таблице 1 представлены соответствующие расчеты для технологий, основанных на применении медленных скоростей охлаждения.

Для технологий замораживания, основанных на применении медленных скоростей охлаждения ($V=0,3$ °C/мин, $V=\text{const}$) величина эффективности имеет минимальное значение 81% (№10) и максимальное значение 99% (№1). Самый высокий показатель эффективности у эмбрионов, замороженных в соломинках при помощи термоблока из нержавеющей стали на основе пассивного остывания в горловине сосуда Дьюара.

Сравнивая величины жизнеспособности эмбрионов, полученных посредством качественного и количественного методов их оценки, можно сделать заключение о том, что последний является более чувствительным к оценке эффективности технологии криоконсервирования эмбрионов. В первом случае при грубой оценке исходного качества эмбрионов, уровни жизнеспособности деконсервированных эмбрионов для разных групп отличаются между собой (Δ достигает величины, равной 29%), а при более точной оценке - такого сильного различия не наблюдается ($\Delta = 5$).

Поскольку жизнеспособность эмбрионов, как до замораживания, так и после него в данных выборках может значительно меняться ($\Delta > 5\%$), то

критерием сравнения данных выборок может служить показатель выживаемости эмбрионов отражающей эффективность технологии.

Таблица 1- Сравнительный анализ технологий замораживания

№	n _i - количество эмбрионов определенного качества каждой из групп		Метод оценки жизнеспособности биообъекта, M±m						Метод замораживания эмбрионов, основанный на применении медленных скоростей охлаждения
			Качественный		Количественный				
	Свежеполученные	Деконсервированные	Сохранность	N ₀	Жизнеспособность V _j	N ₀	Выживаемость W _j	N ₀	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	32	30;2	93,8±2,3	3	94,4±4,0	3	99,0±1,4	3	Пассивное охлаждение в горловине сосуда Дьюара (соломинки) [1]
	32;30	30;25;7	90,3±3,5	204	88,2±4,1	13	99,0±1,9	9	
	32;30;23	30;25;23	65,9±2,1	669	77,5±4,3	30	91,5±2,5	13	
2	34; 34	30;32;6	87,8±4,0	155	88,1±0,7	11	97,9±0,9	9	ЗЭМ-3 (пробирки)[17]
3	317;317	310;315;9	84,9±1,4	23	89,7±0,3	6	97,1±0,6	8	Пенопластовый термоблок(пробирки) [17]
4	85;85	80;81;9	89,6±2,3	89	88,9±0,5	9	98,8±0,9	9	Нержавеющий термо-блок (соломинки) [17].
5	88;88	83;85;8	92,0±2,1	76	89,0±0,5	8	98,9±0,8	8	Нержавеющий термо-блок (пробирки)[17].
6	5;5	3;4;3	90,0±4,3	68	88,5±1,8	24	97,8±2,5	11	Универсальный термоблок (пробирки)[17]
7	324	236;64;22	92,6±1,5	117	90,7±1,1	9	95,5±3,8	5	Пассивное охлаждение в горловине сосуда Дьюара (пробирки Уленгута) [9].
8	-;311	-;239;64	76,9±2,4	428	79,7±4,2	9	93,8±3,7	12	
9	317;318	236;303;84	84,9±1,4	249	85,3±3,3	14	94,6±3,4	9	
10	293;293;293	236;303;16	61,3±2,1	502	68,3±2,9	23	81,9±3,2	11	
11	512;512	500;501;23	-	37	89,6±0,2	7	95,5±3,2	8	
12	443;443	423;421;42	-	80	89,1±0,2	8	97,9±2,9	8	

N₀ – минимальное количество измерений, обеспечивающее достоверный результат; i – номер группы заданного качества (отличное, хорошее, удовлетворительное); j – номер технологического этапа; M – средняя величина показателя; m -средняя квадратическая ошибка величины.

Таким образом, относительная величина сохранности эмбрионов позволяет свести к минимуму влияние индивидуальных свойств биообъекта, вносящих систематическую погрешность на результат оценки эффективности изучаемой технологии, а также дает возможность использования малых выборок (n<30), обеспечивающих достоверный результат (p<0,05), вследствие снижения влияния разнокачественности биообъекта на уровень изучаемой технологии.

Выводы.

1. Установлено, что наиболее перспективной технологией замораживания эмбрионов коровы, при медленных скоростях замораживания, является

пассивное охлаждение в горловине сосуда Дьюара в соломинках при помощи термоблока выполненного из нержавеющей стали.

2. Учет разнокачественности эмбрионов является обязательным элементом более точной оценки эффективности технологии замораживания.

3. Применение относительной величины выживаемости и жизнеспособности эмбрионов устраняет две основные проблемы, связанные с разнокачественностью биообъекта и критерием оценки его пригодности, а также дает возможность оценить технологию его криоконсервирования.

4. Использование количественных показателей оценки жизнеспособности и выживаемости эмбрионов способствует снижению величины ошибки среднеквадратического отклонения (m) в несколько раз.

5. Метод оценки криоконсервирования эмбрионов по относительным показателям жизнеспособности биообъекта позволяет уменьшить необходимое количество измерений, обеспечивающих достоверный результат, в 5-10 раз. Соответственно в столько же раз уменьшить расход используемого биообъекта и затраты на его получение.

Список литературы: 1. M.B. Nottle, H. Nagashima. Cryopreservation of porcine embryos. - Nature, vol.374, 1995. 2. Baril G., Traldi A-L., Cognie Y. et. al. Successful direct transfer of vitrified sheep embryos // Theriogenology. 2001. V.56. P.299-305. 3. Loi P., Ptak G., Dattena M., Ledda S., Naitana S., Cappai P. Embryo transfer and related technologies in sheep reproduction // Reproduction, nutrition, development. - 1998. - 38(6). - P. 615-28. 4. Masashige Kuwayama. Evidence-based Embryo Cryopreservation // Journal of Mammalian Ova Research. - 2005. - 22(1). - P. 28-32. 5. Dattena M., Ptak G., Loi P., Cappai P. Survival and viability of vitrified in vitro and in vivo produced ovine blastocysts // Theriogenology 2000. - V. 53. - P. 1511-1519. 6. Cocero M.J., Moreno Díaz de la Espina S., Aguilar B. Ultrastructural Characteristics of Fresh and Frozen-Thawed Ovine Embryos Using Two Cryoprotectants // Biology of Reproduction. - 2002. - 66. - P. 1244-1258. 7. Горбунов Л.В. Оценка жизнеспособности эмбрионов млекопитающих и эффективности технологии их криоконсервирования. Проблемы криобиологии. - 2003, №4, с. 35-40. 8. Горбунов Л.В., Бугров О.Д., Горбунова Н.И. Спосіб оцінки ефективності проведення біотехнологічних операцій, які пов'язані з криоконсервацією сперматозоїдів та ембріонів ссавців // Вісник Білоцерківського державного аграрного університету. - Біла Церква. - 2000.- №14. - С. 178-183. 9. Горбунов Л.В. Кількісний спосіб оцінки життєздатності ембріонів ссавців // Вісник Білоцерківського державного аграрного університету. - Біла Церква.-2001.- №17.- С. 30-34. 10. Горбунов Л.В., Салина А.С., Клещев Н.Ф. Оптимизация криоконсервирования эмбрионов мыши // Біотехнологія. - 2010. - Т.3, №5. - С. 100 - 105. 11. Кауффольд П., Тамм И., Шихов И.Я. и др. Оценка качества эмбрионов крупного рогатого скота: Руководство для работы по пересадке эмбрионов. М.:Агропромиздат.-1990.-56с. 12. Шихов И.Я., Сергеев Н.И. Морфологическая оценка качества ранних эмбрионов крупного рогатого скота // Арх. Анат. Гистол. Эмбриол. - 1981. - В. 81. - №11. - С. 96 - 102. 13. Манк М. Биология развития млекопитающих. Методы / Манк М. - М. : Мир, 1990. - 406 с. 14. Горбунов Л.В., Буцацкий Л.П. Криоконсервация половых клеток и эмбрионов // - Киев: Киевский университет, 2005. 325 с. 15. Горбунов Л.В. Определение минимального количества измерений, обеспечивающего достоверный научный результат // Агроекологічний журнал. - 2002. - Вип 1. - С. 69-71. 16. European convention for the protection of vertebrate animals used experimental and other scientific purpose: Council of Europe 10. 03. 1986 - Strasburg, 1986. - 52 p. 17. Горбунов Л.В. Влияние вариации технологических параметров на уровень сохранности деконсервированных эмбрионов коров // НТБ №72 ИЖ УААН. - 1996. - Харьков. - С. 17-22.

Поступила в редколлегию 25.12.2010

Б.В. ДЗЮНДЗЮК, д-р техн. наук., проф. зав каф. ОТ ХНУРЭ
Н.Л. БЕРЕЗУЦКАЯ, канд. техн. наук, доц. каф. ОТ ХНУРЭ
И.И. ХОНДАК, ст. преп. каф. ОТ ХНУРЭ

ПРИМЕНЕНИЕ ОБУЧАЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ ПО МЕТОДАМ УТИЛИЗАЦИИ И ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

В статті обґрунтовується необхідність розробки навчальної комп'ютерної роботи з питань захисту літосфери. За допомогою цієї роботи закріплюються теоретичні знання з питань захисту літосфери від різноманітних видів відходів, які утворюються на виробництвах різних галузей промисловості.

Ключові слова: захист, літосфера, відходи виробництва, переробка, утилізація

В статье обосновывается необходимость разработки обучающей компьютерной программы по вопросам защиты литосферы. С помощью данной работы закрепляются теоретические знания по защите литосферы от различных видов отходов, которые образуются на предприятиях различных отраслей промышленности.

Ключевые слова: защита, литосфера, отходы производства, переработка, утилизация

In the article the necessity of development of the teaching computer program on the questions of defense of lithosphere is grounded. By the given work theoretical knowledge on defense of lithosphere from different types of wastes which appear on the enterprises of different industries of industry are fastened.

Актуальность работы. В связи с увеличением количества твердых отходов, их утилизацией и захоронением ухудшилась экологическая обстановка в Украине и в мире в целом.

Накопление значительного количества твердых отходов во многих отраслях обусловлено существующим уровнем промышленных технологий, не предусматривающих комплексной переработки сырья. Многие технологии предусматривают использование не более 8-10 % сырья, а некоторые даже менее 1% от добытого. Все остальное поступает в отходы или отвалы. Помимо того, что промышленные отходы занимают значительную территорию, они служат источником химического загрязнения почвы, гидросферы и атмосферы. Стекающие с гор отвалов атмосферные осадки преимущественно загрязнены химически активными и вредными для биосферы веществами. Это ведет к формированию вокруг отвалов и хранилищ зараженных зон. Загрязняющие вещества попадают в грунтовые воды и поверхностные водоемы. В сухую погоду отвалы пылят, а отвалы угольных шахт даже самовозгораются, чем загрязняют атмосферу. К твердым отходам также относится обезвоженный активный ил, образующийся на очистных сооружениях промышленных предприятий и городов.

Ежегодное потребление минерального сырья в мире составляет более 100 млрд.т. в результате столь интенсивного использования недр Земли облик планеты сильно изменился. В промышленно развитых районах сформировался

антропогенный ландшафт, значительно отличающийся от природного. Это привело к существенному изменению (упрощению) биоценозов, свойственных таким районам.

Основная масса твердых отходов образуется на предприятиях следующих отраслей:

- Горной и горно-химической промышленности (отвалы, шлаки, «хвосты»);
- Черной и цветной металлургии (шлаки, шламы, пыль);
- Металлообрабатывающих отраслей (отходы, стружка, бракованные изделия);
- Лесной и деревообрабатывающей промышленности (отходы лесозаготовки, опилки, стружка);
- Энергетической – тепловые электростанции (зола, шлаки);
- Химической и смежных отраслей промышленности (шламы, фосфогипс, шлаки, стеклобой, пластмассы, резина);
- Пищевой промышленности (кости, шерсть);
- Легкой и текстильной промышленности.

Поэтому возникла необходимость акцентировать внимание будущих специалистов на данной проблеме. Для этого необходимо применить нестандартный подход к изучению данного вопроса.

Необходимость решения проблемы защиты литосферы. Необходимость решения данной проблемы возникла в связи с тем, что техногенная нагрузка на окружающую природную среду в Украине в 4 – 5 раз превышает аналогичные показатели для развитых стран. В промышленном секторе экономики существенная часть производственных мощностей принадлежит химическим, металлургическим и горно-добывающим предприятиям с крайне устаревшими технологиями. В результате в Украине к 2008 г. Накопилось огромное количество промышленных отходов, общий объем которых оценивается в 25 млрд. т, которые размещены на 2269 полигонах твердых бытовых и промышленных отходов, из которых только 13% соответствуют санитарным нормам и правилам.

Например, на территории Донбасса находятся 1185 больших терриконов и отвалов горных пород, из которых 397 – тлеющих, которые выбрасывают ежедневно 162 тонны вредных газообразных веществ, в том числе оксидов углерода и серы. Под терриконами и отвалами занято почти 7,2 тыс.га. плодородных земель. Возле каждого террикона существует 200 метровая опасная зона, в пределах которой растительности почти нет. Грунт в этих зонах содержит вредные вещества, превышающие ПДК: свинца в 2,7 раза, мышьяка – в 25 – 35 раз, марганца – в 2,7 раза, кобальта – в 2,1 раза, висмута – в 2,1 раза, молибдена – в 2,3 раза, цинка – в 2,4 раза, бария – в 4,5 раза.

Основные направления уменьшения образования твёрдых отходов.

Переработка и утилизация отходов является сложной и многофакторной экологической, технологической и экономической проблемой. Захоронение отходов на свалках требует отчуждения больших территорий и дорогостоящего

обустройства. Утилизация отходов является актуальной проблемой для всех крупных городов. Во всем мире идет активный поиск экологически чистых технологий и оборудования для переработки и утилизации отходов. Расходы на предупреждение загрязнения окружающей среды производственными отходами растут. Утилизация отходов является актуальной проблемой в наше время. В ближайшем будущем утилизация отходов станет обязательным условием для поддержки экологически безопасного состояния окружающей среды.

Количество твердых отходов составляет 30 % от общего количества образующихся промышленных отходов. Основная часть твердых промышленных отходов является высокотоксичными. Твердые отходы, образующиеся в различных отраслях промышленности до определенного количества, хранятся на территории предприятия. Но при большом их количестве они вывозятся на специальные полигоны. Допустимое количество отходов на территории предприятия – это такое их количество, которое можно разместить при условии накопления вредных веществ в воздухе не более 30 % ПДК рабочей зоны. Если концентрация вредных веществ не соответствует установленным требованиям, то твердые отходы должны быть удалены с территории предприятия на полигоны промышленных отходов.

В зависимости от категории промышленных отходов используются различные методы их утилизации – от складирования и переработки вместе с бытовыми твердыми отходами до их индивидуального обеззараживания на специальных сооружениях, с захоронением продуктов обеззараживания.

Промышленные отходы I – III категории могут складироваться на полигонах вместе с бытовыми. Место для таких полигонов выбирают за чертой города на территориях с глинистыми почвами. Основу выбранной территории делают в виде огромного углубления глубиной до 1,5 м. для средней полосы, где за год выпадает до 600 мм осадков. Фильтрат, накапливающийся в котловане, остается в пределах полигона, и не загрязняет почву, поверхностные и грунтовые воды. Часть фильтрата испаряется, а часть просачивается в грунт, вызывая при этом медленные биотермические процессы с повышением температуры до 30 °C. При необходимости, при превышении нормы осадков, фильтрат собирают с дна котлована и разбрызгивают по поверхности складированных отходов. Если глинистая почва отсутствует и основу полигона приходится делать в водопроницаемых почвах, то дно котлована устилается слоем привезенной глины, толщиной не менее 0,5 м. полигон делят на отдельные участки (карты), которые заполняют по слоям: слой до 2 м высотой уплотняют бульдозерами с перекрытием слоев почвой до 0,25 м. изоляция почвой и ее последующее уплотнение мешают загрязнению окружающей среды, а также распространению грызунов и насекомых. Высота складирования на таких полигонах достигает 60 м.

Для обезвреживания наиболее токсичных не утилизируемых твердых и жидких отходов промышленности, содержащих хром, кадмий, свинец, ртуть, цианистые соединения, пестициды, отработанные катализаторы, производят их захоронение на специально оборудованных полигонах, которые бывают нескольких типов:

Для обезвреживания одного вида отходов только захоронением или химическим способом;

Комплексные.

Комплексные полигоны разделяются на:

- зоны приема и захоронения твердых негорючих отходов;
- зоны приема и захоронения жидких химических отходов и осадков сточных вод, которые не подлежат утилизации;
- зоны захоронения чрезвычайно опасных отходов;
- зоны сжигания горючих отходов.

Захоронение промышленных отходов V – VI категории проводят в железобетонных котлованах глубиной до 10 – 12 метров. Токсические отходы помещают в специальную герметичную тару, с последующим размещением в этих котлованах. Полигоны промышленных отходов должны обязательно ограждаться и строго охраняться.

Проблема утилизации твердых бытовых отходов – одна из острейших экологических проблем, стоящих перед городами и особенно крупными, где на одного жителя в год образуется 200 – 750 кг. твердых бытовых отходов. Примерно треть этого количества составляют пищевые отходы, а еще треть – бумага и картон. Постепенно растет содержание в бытовых отходах пластмасс. При сжигании бытовых отходов, содержащих полимерные материалы, возможно образование токсичных соединений, например диоксинов.

Лишь незначительная часть твердых бытовых отходов (ТБО) большинства крупных городов перерабатывается на мусоросжигательных заводах, остальные отходы вывозятся на полигоны, расположенные за десятки километров от городов, причем площади для этих целей практически исчерпаны. Свалки являются источником загрязнения окружающей среды.

Во многих странах реальная последовательность удаления отходов потребления и быта включает два основных элемента – источник твердых бытовых отходов (ТБО) и свалку (полигон). Украинские полигоны, за редким

исключением, производят негативное психологическое впечатление, отравляют атмосферу и гидросферу, губят растительный покров, формируют

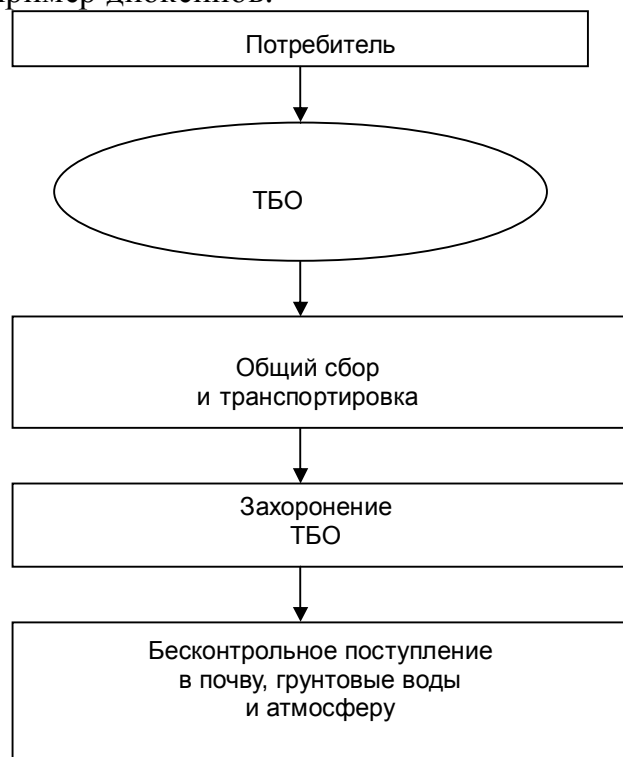


Рис. 1 Схема примитивной последовательности удаления отходов потребления и быта (по А.Б.Лифшицу)

неблагоприятную для человека окружающую среду.

Свалки являются центрами концентрации люмпенизированного населения, что вызывает напряженную социальную и криминогенную обстановку вокруг них.

Анализ мирового опыта обращения с отходами показывает, что в большинстве стран Европы и Северной Америки за последние десятилетия произошли значительные изменения. Последовательность удаления отходов в этих странах сегодня включает ряд обязательных этапов, к числу которых относятся:

- Редукция (уменьшение объемов образования ТБО прежде всего путем рационализации потребления);
- Вторичное использование (использование фракций отходов, обладающих потребительскими свойствами);
- Переработка (использование соответствующих фракций ТБО в качестве сырья для производственных процессов);
- Утилизация энергии (извлечение энергетического потенциала отходов);
- Захоронение остатков ТБО, не обладающих никакими полезными свойствами, на экологически нейтральных полигонах.

Полнота осуществления такого алгоритма обращения с отходами в разных странах определяется конкретными экономическими, сырьевыми и демографическими условиями. В зависимости от них принимаются адекватные национальные законодательные акты, вводятся соответствующие организационно-финансовые механизмы, определяющие наиболее важные акценты переработки ТБО. В целом эти шаги направлены на создание условий, стимулирующих внедрение приоритетных для данной конкретной страны методов переработки отходов.

В одной из богатейших развитых стран - США на протяжении последних 40 лет доля мусоросжигания в системе обезвреживания ТБО практически постоянна и составляет примерно 15 – 20 %, тогда, как европейская практика заключается в постоянном увеличении доли их сжигания.

Показателен пример Германии, где за 4 года, с момента ввода в действие закона об обращении с ТБО (1993 - 1997), объем захоронений в стране снизился на 20%. В основном такой результат достигнут благодаря внедрению метода компостирования садовых и дворовых отходов, а также отдельному сбору упаковочных материалов и других фракций ТБО.

Практическая реализация исследований. Исследования в данной области завершились разработкой обучающей программы по методам утилизации и переработки промышленных и бытовых отходов.

Целью создания компьютерных моделей является возможность проводить исследования антропогенных воздействий на природу без негативных последствий.

Компьютерные модели должны адекватно отображать все физические процессы, которые происходят в природе. Важность компьютерных программ

состоит в том, что имеется уникальная возможность экспериментировать не над природой, а создавать и анализировать различные состояния экосистем, которое может возникнуть при антропогенных нагрузках.

В данном случае – возможность получить теоретические знания по принципам образования и переработке отходов в различных промышленных отраслях, а также практически применить свои знания при решении проблем загрязнения литосферы.

При выполнении работы необходимо решить проблему утилизации или переработки твердых отходов, образовавшихся на предприятиях различных отраслей. Для этого нужно определить количественные и качественные характеристики образовавшихся отходов и пути их переработки.

Программа построена на технологии переработки отходов, включающей в себя компостирование органического материала, извлечение металла и пластика, сжигание относительно сухих фракций отходов. (рис.2).

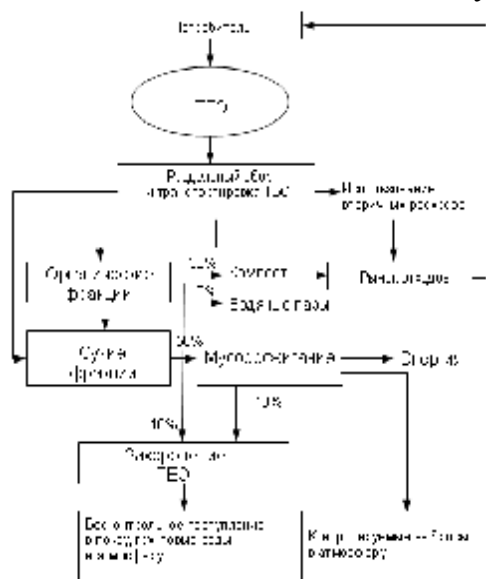


Рис. 2 Схема наиболее совершенной последовательности удаления отходов потребления и быта (по А.Б.Лифшицу)

Программа реализована на языке C++ с использованием свободно распространяемой Open Source библиотекой графических элементов Qt. Использование данной библиотеки обеспечивает многоплатформенность написанной программы.

Заключение

Внедрение и разработка лабораторных работ нового поколения, с использованием информационных технологий, позволяет использовать их для обучения как специалистов, так и студентов различных специальностей и форм обучения. Компьютерные модели можно также использовать на курсах повышения квалификации по вопросам защиты окружающей среды. Обучение можно проводить непосредственно в группах, а также и дистанционно, что в наше время является достаточно актуальным, особенно для тех, кто желает учиться и повышать свою квалификацию заочно.

Поэтому данная программа может использоваться в качестве тренинга на

курсах повышения квалификации специалистов в области защиты окружающей природной среды.

Список литературы: 1. Лозанский В. А. Не пора ли вспомнить об экологических паспортах? // Зеркало недели. – Киев. - 9 — 15 сентября 2006. - № 34 (613). 2. Николайкин Н. И. и др. Экология. Учебник для вузов. - 5-е изд., испр. и доп. – М.: Дрофа, 2006. – 622 с. 3. Коробкин В.И. и др. Экология. – Ростов н/Д: «Феникс», 2001.- 575 с. 4. Білявський Г. та ін. Основи екологічних знань. – К. «Либідь», 2000, 334 с. 5. Экология. Юридический энциклопедический словарь / Под ред. С.А. Боголюбова.-М., 2001)

Поступила в редколлегию 05.12.2010

УДК 628.4.043-036.5.

Л.Н. ЧУНИХИНА, канд. техн. наук, доц., НТУ «ХПИ»

В.Ф. РАЙКО, канд. техн. наук, проф., НТУ «ХПИ»

В.В. МАКАРЕНКО, ст. препод. НТУ «ХПИ»

В.В. ПАРХОМЕНКО, ст. препод. НТУ «ХПИ»

Н.Д. УСТИНОВА, ст. препод. НТУ «ХПИ»

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ПО УТИЛИЗАЦИИ И ТЕРМОХИМИЧЕСКОЙ ДЕСТРУКЦИИ ТВЕРДЫХ ПЛАСТМАССОВЫХ (ПЛЕНОЧНЫХ) ОТХОДОВ ГРУППЫ СН

При вводе нового технологического процесса термохимической деструкции решается вопрос организованной утилизации твердых пластмассовых отходов, что значительно улучшит санитарное состояние городов и поселков Украины.

Problem of a firm plastic waste recycling could be solved by implementation of a new technological process of the thermochemical destruction, which can considerably improve a sanitary condition of cities and settlements in Ukraine.

При введені нового технологічного процесу термохімічної деструкції вирішується питання організованої утилізації твердих пластмасових відходів, що значно покращує санітарний стан міст та селищ України.

Введение. Масштабы антропогенных преобразований природы непрерывно растут, причем ухудшение качества природной среды имеет как локальный и региональный, так и национальный характер.

В процессе производства ежегодно на промышленных предприятиях Украины образуется около 1,45 – 1,95 млрд. тонн промышленных и 38 – 42 млн. м³ бытовых твердых отходов (отходы металлов, резины, шлаков, пластмассы, стекла и др.).

Все промышленные и бытовые отходы делятся на твердые и жидкие, а также по классу опасности, согласно ГОСТ 12.1.007-76* (Изм. 1990) ССБТ. К сожалению, только 10-15% их образования используются как вторичное сырье.

К первому классу опасности относятся отходы чрезвычайно опасные, ко второму классу опасности отходы высоко опасные, к третьему классу относятся отходы умеренно опасные и к четвертому классу относятся отходы малоопасные.

Основными направлениями ликвидации и переработки твердых промышленных отходов III – IV класса опасности (инертные) являются вывоз и захоронение на специальных полигонах, которые занимают большие земельные площади. Значительная часть твердых промышленных и бытовых отходов, в том числе и пластмассовых, вывозятся и складываются неорганизованно, с грубым нарушением санитарно-экологических требований, что отрицательно влияет на состояние окружающей природной среды.

В последние годы во всем мире, а также на Украине большое развитие получила химическая промышленность, в том числе и пластмассовое производство.

Наряду с увеличением пластмассовой продукции увеличиваются и твердые бытовые отходы, в виде использованной посуды, шприцев, упаковочной тары, парниковой пленки и других отходов, которые при захоронении на свалках и полигонах не разлагаются, плохо уплотняются, приводят к быстрому их заполнению.

Поэтому возникла необходимость в разработке технологического процесса термохимической деструкции и одновременно утилизации твердых пластмассовых пленочных отходов.

Вопрос об использовании вторичного полимерного сырья в технологических процессах коксохимического производства возник в девяностых годах прошлого столетия.

В связи с этим в 1995-1996 г.г. конструкторским бюро и технологическим отделом Харьковского предприятия «Коксохимзавод» начата теоретическая проработка и практическая проверка возможности использования вторичного полимерного сырья для получения дополнительного количества высококалорийного газообразного топлива.

В данной работе непосредственное участие принимали студенты НТУ «ХПИ» кафедры охраны труда и окружающей среды, которые защитили по данной теме дипломные научно-исследовательские работы.

Физико-химические свойства материалов. Исходным сырьем при химической переработке пленочных полимерных отходов являются вышедшие из употребления пленочные изделия из полиэтилена (химическая формула $\sim \text{CH}_2 - \text{CH}_2 \sim$) – прозрачные и полупрозрачные, могут быть окрашены в различные цвета. Молекулярная масса, строение и свойства полиэтилена определяются способом получения. В зависимости от давления, при котором проводится полимеризация получают полиэтилен высокого давления или полиэтилен низкой плотности, полиэтилен низкого и среднего давления.

Полиэтилен высокого давления – белый полупрозрачный упругий материал, жирный на ощупь, без вкуса и запаха, плотность 0,918-0,930 кг/м³, температура плавления 103-110 °С, нерастворим в воде и спирте.

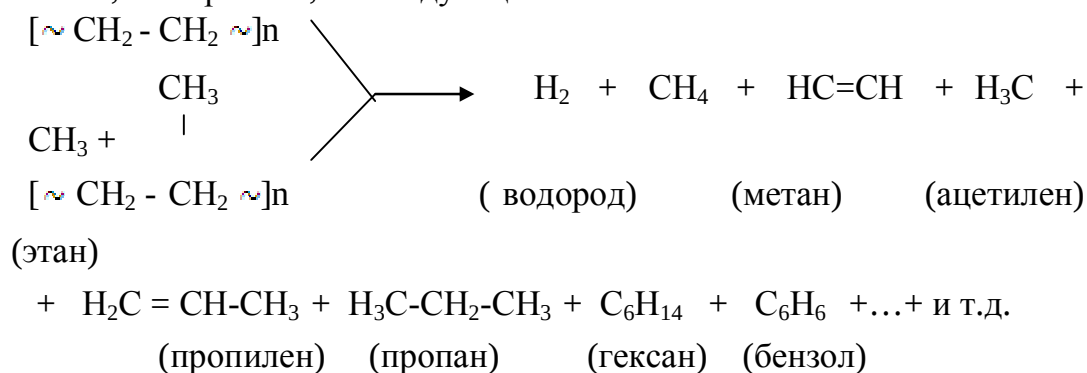
Цвет полиэтилена низкого давления от белого до кремового. Температура плавления 132-134 °С, плотность 0,914-0,960 кг/м³. Химическая стойкость выше, чем у полиэтилена высокого давления. Отличие в применении полиэтилена низкого давления по сравнению с полиэтиленом высокого давления определяется его большей жесткостью и теплостойкостью.

С увеличением плотности полиэтилена возрастает его химическая стойкость. При внесении в пламя мгновенно загорается, при удалении из пламени продолжает гореть медленно без копоти.

Вышедшие из употребления пленочные изделия из полипропилена (химическая формула $\sim \text{CH}_2\text{CH}_2(\text{CH})_3 \sim$) – прозрачные, матовые непрозрачные, могут быть окрашены в различные цвета, без запаха и вкуса, легче воды. Температура плавления 170-172 °С, плотность 0,92-0,93 кг/м³. Горят коптящим пламенем с образованием расплава. По химической стойкости приближаются к полиэтилену, однако, в большей степени, склонен к окислению.

При комнатной температуре пленочные отходы в окружающую среду токсичных веществ не выделяют и не оказывают при непосредственном контакте влияния на организм человека [1].

Технология переработки твердых полимерных отходов методом термохимической деструкции. Термохимическая деструкция твердого вторичного полимерного сырья осуществляется в герметичных реакторах (камерах) ёмкостью 20 м³ коксовых печей с газовым обогревом без доступа воздуха при температуре 400 – 600 °С в среде водорода Н₂ с получением газообразных и жидких продуктов [2,3,4]. Процесс термохимической деструкции полиэтиленового и полипропиленового вторичного сырья в коксовых печах протекает, как правило, по следующей схеме:



Полиэтилен и полипропилен очень устойчивы к химическому воздействию различного рода, в том числе к разложению и окислению (горению).

При нагревании до температуры свыше 100 °С происходит размягчение, а затем и плавление полимеров, однако химическая структура их не меняется. И только при температуре свыше 400 °С начинается процесс термохимической деструкции полимеров, протекающий по цепному механизму. При этом преобладает реакция разрыва молекул на участки примерно равной длины: выход реакции деполимеризации с образованием легколетучих веществ очень мал и не превышает при этих температурах 1 %.

При дальнейшем повышении температуры без доступа воздуха (кислорода) скорость термодеструкции возрастает, а при температуре свыше 750-800 °С выход легких газообразных веществ (водород, метан, этилен, этан, пропилен) увеличивается до 95-98 %.

Такие условия (температура до 1000 °С без доступа воздуха) создаются при стандартной технологии получения кокса [5].

Образовавшиеся в процессе термохимического разложения полимерного сырья газообразные продукты, совместно с выделяющимися при коксовании угля коксовым газом, который содержит больше химических веществ, направляются в газоотводящую систему аппаратов цеха-улавливания для очистки [3].

Вышедший из коксовых печей газ при температуре 90-95 °С подается на орошение водой, при котором удаляется каменноугольная смола. Газ при температуре 80 °С подается на первичный газовый холодильник и охлаждается до температуры 30 °С, из него удаляется образовавшийся конденсат. Затем газ подается на эксгаустер. При этом он нагревается до температуры 60 °С, поступает на вторичный газовый холодильник, после чего подается на отопление в котельную предприятия при температуре 30 °С.

Основные физико-химические свойства высококалорийного газа, полученного из твердых полимерных отходов и область его применения. При термохимической деструкции вторичного полимерного сырья (отходов) в агрегате коксовой печи, образуется высококалорийный отопительный газ, с теплотой сгорания одного кубического метра газа равной 4500 Ккал. При этом возможно снижение массовой концентрации сероводорода от 3,5 мг/дм³ до 3,2 мг/дм³ [5].

Калорийность «полиэтиленового» газа существенно выше, чем у коксового за счет содержания пропилена, пропана и других «тяжелых» компонентов.

Кроме того, в отличие от ряда других полимеров (поливинилхлоридов, полиуретанов, фенолформальдегидной смолы) полиэтилен и пропилен не образуют при термохимической деструкции токсичных и полиэкологически опасных веществ (хлористый и цианистый водород, фосген, окислы азота, аммиака и т.д.).

Высококалорийный газ от переработки полимерных твердых отходов используется для обогрева коксовых печей и котельной завода для производства дешевого пара [5].

Выводы. Результаты исследований показали что:

- полиэтиленовые и полипропиленовые отходы сравнительно легко подвергаются термохимической деструкции без доступа воздуха;
- в отличие от других полимеров, полиэтилен и полипропилен при термической деструкции не образует токсичных и экологически опасных веществ, что благоприятно скажется на улучшении санитарно-экологического состояния природной среды, а также использования их в качестве вторичного сырья;
- технологический процесс по утилизации и термохимической деструкции твердых пластмассовых пленочных отходов применим на всех коксохимических предприятиях, а также на специальных установках для получения вторичного жидкого химического сырья;
- внедрение этой передовой технологии даст значительную экономию средств предприятий, организаций и государственного бюджета в целом.

Список литературы: 1. Шефтель В.О. Вредные вещества в пластмассах / Шефтель В.О. – М. : Химия, 1991 – 574 с. 2. Швецов Г.А. Технология переработки пластических масс /

Швецов Г.А. – М. : Химия, 1988 – 450 с. 3. Чернобыльский И.И. Машины и аппараты химических и нефтехимических производств/ Чернобыльский И.И. – М. : Машиностроение, 1979 – 368 с. 4. Машины и аппараты для химической промышленности : отраслевой каталог 35 - 93–М.: Машиностроение, 1994 – 620 с. 5. Братишков В.Г. Организация и обеспечение первичного учета и текущего контроля образования промышленных отходов и обращение с ними. /Братишков В.Г., Ольховская Л.Н. и др. – М. : Химия, 1991 – 574 с.

Поступила в редколлегию 19.01.2011

УДК 666.293.5

О.В. ШАЛЫГИНА, канд. техн. наук, н.с., НТУ «ХПИ»

Г.И. МИРОНОВА, аспирант, НТУ «ХПИ»

А.Ю. БРОВИН, канд. техн. наук, н.с., НТУ «ХПИ»

ПРОБЛЕМЫ ЗАЩИТЫ НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ АППАРАТУРЫ ОТ КОРРОЗИИ

В даній роботі розглянуті проблеми захисту сталевих баків побутової нагрівальної апаратури від корозії. Наведені переваги захисних скло емалевих покриттів та особливості технологічного процесу виробництва водонагрівачів із емальованими внутрішніми баками. Дана характеристика причин виникнення корозійних процесів та способів захисту сталевих ємностей від корозії.

В данной работе рассмотрены проблемы защиты стальных баков бытовой нагревательной аппаратуры от коррозии. Приведены преимущества защитных стеклоэмалевых покрытий и особенности технологического процесса производства водонагревателей с эмалированными внутренними баками. Дана характеристика причин возникновения коррозионных процессов и способов защиты стальных емкостей от коррозии.

In the given work problems of household heating equipment steel tanks protection from corrosion are considered. Advantages of protective vitreous enamel coatings and feature of technological process of manufacturing water heaters with the enameled internal tanks are resulted. The characteristic of the reasons of occurrence of corrosion processes and ways of steel capacities protection from corrosion is given.

Развитие отечественной и мировой эмалировочной отрасли на современном этапе неразрывно связано со стремлением населения к комфорту, повышению качества и уровня жизни. Эти факторы в свою очередь стимулируют производителей на разработку и производство новых видов бытовой техники, в частности, нагревательной аппаратуры. Использование защитных стеклоэмалевых покрытий при производстве нагревательной аппаратуры обусловлено целым комплексом их преимуществ по сравнению с другими покрытиями, а также с нержавеющей сталью. Это, прежде всего, высокая коррозионная, термо- и водостойкость при различных режимах эксплуатации оборудования в сочетании с экологичностью и безвредностью для организма человека [1].

Ассортимент нагревательной аппаратуры огромный, но стеклоэмалевые покрытия для защиты рабочей поверхности применяют для электрических,

комбинированных и газовых водонагревателей, бойлеров и котлов, стиральных и посудомоечных машин. Эти изделия представляют собой сборные конструкции, состоящие из отдельных стальных деталей преимущественно цилиндрической или прямоугольной форм. Цилиндрическую форму имеют баки водонагревателей, бойлеров, стиральных машин.

Водонагреватели являются одним из наиболее распространенных видов эмалированной бытовой нагревательной аппаратуры. По типу они разделяются на: проточные, накопительные (емкостные) и проточно-накопительные. Проточные электронагреватели – это стационарные приборы для конвективного нагрева протекающей через них воды. В изделиях такого типа стеклоэмалевые покрытия, как правило, не применяются.

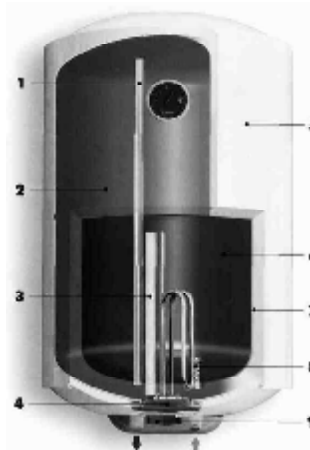
Конструкция и принцип действия емкостных водонагревателей практически одинаковы независимо от производителя – рис. 1. Они состоят из внутреннего и наружного стальных баков, пространство между которыми заполняется теплоизоляционными материалами. Во внутренний бак встроены нагреватели воды, термостат, предохранительный клапан.

Наружный корпус изготавливают из тонколистовой (0,45 – 0,5 мм) малоуглеродистой стали, на который после специальной предварительной подготовки наносят полимерное покрытие. Наружный бак определяет внешний вид бойлера, а защитные функции его покрытия обусловлены условиями среды его расположения, т.е. ванной комнаты, кухни и др.

Эмалированию подвергают только

внутреннюю поверхность стального внутреннего бака, которая находится в непосредственном контакте с водой и водяным паром.

Внутренний бак изготавливают из малоуглеродистой листовой стали толщиной 1,5 – 2,0 мм как холоднокатаной (марок 08кп, 08пс, 06ФБЮАР и др.), так и горячекатаной. В последнее время предприятия-производители отдают предпочтение холоднокатаным сталям. Изготовление баков производится путем раскроя прямоугольных заготовок корпусов баков, штамповки днищ и вальцовки обечаек. Затем производят подготовку поверхности деталей баков перед эмалированием. Подготовка поверхности включает обезжиривание в щелочных растворах с добавками ПАВ, промывку и нейтрализацию. Для деталей наружных баков производят дополнительную операцию фосфатирования. После подготовки поверхности детали баков сваривают и проверяют сплошность сварных швов. Поверхность внутреннего бака подвергают также дробеструйной обработке.



- 1 - выходная трубка для горячей воды; 2 - внутренний стальной бак со стеклоэмалевым покрытием; 3 - магниевый анод; 4 - стальной фланец, на котором смонтированы: нагревательный элемент, магниевый анод и термостат; 5 - внешний стальной бак с полимерным покрытием; 6 - стеклоэмалевое покрытие; 7 - пенополиуретановая теплоизоляция; 8 - трубка для подачи холодной воды; 9 - термостат

Рис. 1. Схема ЭВН

Баки, прошедшие все стадии подготовки и предварительного контроля, направляются на участок нанесения защитных покрытий [1].

Эксплуатационные и декоративные свойства защитных покрытий определяются условиями эксплуатации оборудования. Покрытия стальных внутренних баков водонагревателей должны выполнять свои защитные функции в водно-паровой среде при постоянном изменении температуры от ~ 10 до 95 °С и повышенном давлении внутри бака до 2 атмосфер. Кроме того, необходимо учитывать, что качество горячей воды – степень ее чистоты, отсутствие болезнетворных бактерий и токсичных элементов – зависит не только от ее исходных параметров в момент поступления в нагреватель, но и от состояния внутренней поверхности стального бака, в котором осуществляется нагрев. Поэтому для обеспечения долговечной и надежной работы оборудования защитные стеклоэмалевые покрытия для бытовой нагревательной аппаратуры должны отвечать следующему комплексу требований – таблица 1 [1, 2, 3].

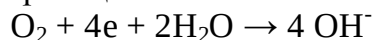
Таблица 1 – Комплекс требований к защитным стеклоэмалевым покрытиям для бытовой нагревательной аппаратуры

	Характеристика покрытия	Показатели
1	Прочность на удар	(10 Н) – ISO 2723
2	Сплошность покрытия	
3	Толщина покрытия	0,15 – 0,5 мм [2]
4	Стойкость к кипящей воде и водяному пару	(504 часа) – потери веса max 3,5 г/м ² – DIN 4753
5	Термостойкость	3 цикла нагрев до 200°С с охлаждением в холодной воде) – ISO 2747, 2723
6	Физиологический контроль	водная вытяжка из эмали не должна содержать свинца и кадмия [2]

При контакте стального бака без защитного покрытия с горячей водой происходит интенсивная коррозия металлической поверхности, что приводит к разрушению изделия. Поэтому основной причиной, сокращающей срок эксплуатации емкостного водонагревателя и приводящей к выходу его из строя, является коррозия внутреннего стального бака [4].

Коррозия стали в воде обусловлена электрохимическими процессами, при которых на поверхности металла протекают два сопряженных процесса – анодный и катодный [5].

В ходе анодного процесса атомы металла переходят в электролит в виде ионов. Катодный процесс сводится к восстановлению деполяризаторов. В пресной воде коррозия стали происходит преимущественно с кислородной деполяризацией:



Скорость коррозии в этом случае определяется, главным образом, катодным процессом, который обычно лимитируется скоростью доставки кислорода к поверхности. С повышением температуры скорость электрохимических процессов возрастает, следовательно, и скорость коррозии должна увеличиваться. Однако при коррозии с кислородной деполяризацией на скорость коррозии при повышении температуры оказывает влияние уменьшение растворимости кислорода. В связи с этим, в открытых системах, к которым

относятся водонагреватели, на начальной стадии скорость коррозии увеличивается, а затем уменьшается, проходя через максимум при 60–70 °С.

Движущей силой коррозионного процесса является разность потенциалов, появляющаяся при образовании гальванических пар. Возникновение таких пар происходит на незащищенных участках стальной поверхности (поры, микротрещины). Это обусловлено неоднородностью металлической фазы (макро и микровключениями, неоднородность сплава на сварных участках) (рис. 2 а) и неоднородностью поверхности (границы зерен) (рис. 2 б) [6]. Второй причиной возникновения устойчивых гальванических пар может быть использование в конструкции водонагревателя металлов, имеющих заметно различающиеся электродные потенциалы (таблица 2).

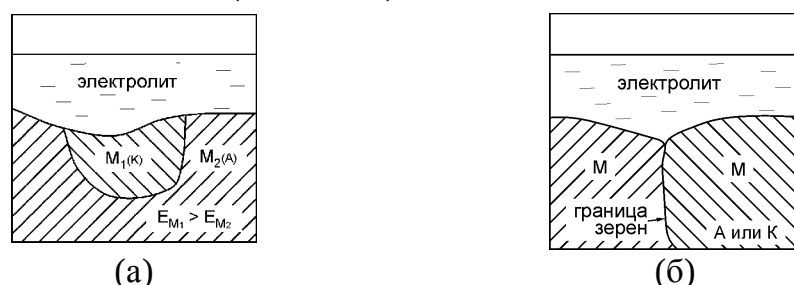


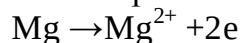
Рис. 2. Причины возникновения гальванических пар на поверхности металла: макро- и микровключения, неоднородность сплава (а), неоднородность поверхности в области границ зерен (б).

Стеклоэмалевые покрытия обеспечивают в наибольшей степени, так называемую, барьерную защиту стальных баков нагревательной аппаратуры от коррозии. Высокая гигиеничность водной среды в рабочей емкости создается именно при применении стеклопокрытий в отличие от баков из нержавеющей стали и полимеров. Но даже при условии соблюдения всех вышеуказанных требований (таблица 1) стеклоэмалевые покрытия не обеспечивают полной защиты изделий от коррозии. В процессе эксплуатации оборудования из-за циклических термических нагрузок могут образовываться микротрещины и другие малоразмерные дефекты. Поэтому необходимым условием обеспечения качественного защитного покрытия стальных баков является сходные значения коэффициента термического расширения материала стеклослоя и стали.

Для предотвращения коррозии дефектных участков покрытия внутреннего стального бака (не защищенных стеклоэмалевым покрытием) используется метод катодной защиты. Причем с целью упрощения используется самая простая его реализация – протекторная защита.

В качестве протектора используется металл не склонный к пассивации, со значительно более отрицательным стандартным электродным потенциалом, чем защищаемый. Некоторые стандартные электродные потенциалы приведены в таблице 2.

На практике наибольшее распространение получили протекторы из магния или его сплавов. Механизм протекторной защиты состоит в следующем: магниевый протектор выполняет роль анода



а на поверхности защищаемого объекта – незащищенных участков стального бака – протекает катодный процесс восстановления кислорода, приведенный выше – (рис. 3).

Таблица 2 – Значения стандартных электродных потенциалов некоторых металлов

Металл	E^0 , В	Металл	E^0 , В
Mg^{2+}/Mg	-2,363	Fe^{2+}/Fe	-0,440
Al^{3+}/Al	-1,663	Fe^{3+}/Fe	-0,037
Zn^{2+}/Zn	-0,763	Cr^{2+}/Cr	-0,913
Cu^{2+}/Cu	0,340	Cr^{3+}/Cr	-0,744
Cu^{+}/Cu	0,521	Ni^{2+}/Ni	-0,250

При этом площадь протектора должна составлять 0,2 – 0,5% от площади защищаемого объекта.

Магний окисляется, выделяя ионы магния Mg^{2+} в раствор электролита (воды), которые участвуют в химических реакциях с образованием солей, гидроксидов и оксидов магния. Также происходит переход электронов с разрушаемой поверхности магния на защищаемую поверхность железа. Благодаря этому вместо разрушения железа на его поверхности происходят химические реакции с образованием воды, водорода и других продуктов. Коррозия железа начинается лишь после того, как протекторирует весь магний.

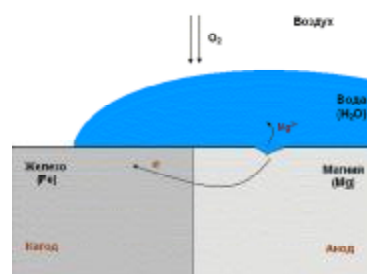


Рис. 3. Механизм протекторной защиты при использовании магниевого анода

Таким образом, исходя из вышеизложенного можно сделать вывод о том, что для защиты стальных рабочих поверхностей бытовой нагревательной аппаратуры от коррозии наиболее целесообразно с точки зрения эффективности, экономичности и гигиеничности применять стеклоэмалевые покрытия. В сочетании с магниевым анодом такие покрытия обеспечивают барьерную и протекторную защиту стальных емкостей от коррозии в течение длительного срока службы изделий.

Список литературы: 1. Технология эмали и защитных покрытий / [Брагина Л.Л., Зубехин А.П., Белый Я.И. и др.] ; под ред. Л.Л. Брагиной. – Х. : НТУ «ХПИ», 2003. – 484 с 2.. Quality requirements for enamelled hot water tanks (boilers) / Quality requirements of European enamel authority. 2 Edition. – Hagen: DEV, 2004. – 138 p.3. Il boiler, un elettrodomestico da valutare meglio // Smalto Porcellanato. – 2002. – № 2. – P.20-21.4. Брагина Л.Л. Разработка стеклоэмалевых покрытий для защиты внутренних баков электродонагревателей / Л.Л. Брагина, О.В. Шалыгина, Я.А. Покроева // Информац. вестник ООО «УАЭ» «Стеклоэмаль и эмалирование металлов». – 2010. – № 5. – С. 61-69. 5 Сухотин А.М., Богачев А.Ф. Коррозионная стойкость оборудования химических производств. Коррозия под действием теплоносителей, хладагентов и рабочих тел. – Ленинград: Химия, 1988 – 360 с. 6. . Основи теорії корозії та захисту металів / [Сахненко М.Д., Ведь М.В., Ярошок Т.П.]: Навч. Посібник. - Х. : НТУ «ХПИ», 2005. – 240 с.

Поступила в редколлегию 19.01.2011

А.Г. ЖУРИЛО, канд. техн. наук., доц., НТУ «ХПИ»

СТАЛИСТЫЙ ЧУГУН КАК ПРЕДШЕСТВЕННИК ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

Наведено історичні та технологічні дані щодо сталистого чавуна

Приведены исторические и технологические данные сталистого чугуна

Are the historical and technological data iron

*Героическим русским металлургам, пехотинцам и
артиллеристам времен Первой мировой войны посвящается*

Одним из наиболее перспективных конструкционных материалов сегодня является высокопрочный чугун, то есть чугун, в котором содержащийся графит имеет форму сферическую или близкую к ней. Путем выбора режимов термической обработки, вида и способов модифицирования получают высокопрочные чугуны с пределом прочности при растяжении до 1200 и даже 2000 МПа, а часто с предсудачным расширением, близким к серому чугуну.

Высокопрочный чугун с шаровидным графитом (ВЧШГ) – один из немногих литейных сплавов, день рождения которого известен достаточно точно. Первое сообщение о разработке ВЧШГ, появление которого, несомненно, является одним из величайших открытий в литейном производстве и литейном материаловедении XX века, А. Гагнебиным, К. Милисом и Н. Пилингом датируется 7 мая 1948 г. [1]. Производство отливок из высокопрочного чугуна является единственным видом литейных сплавов, который более, чем за 60 лет с даты создания этого материала не только не испытывало спадов в мировом производстве, но постоянно существенно увеличивалось [1]. Отливки из высокопрочного чугуна конкурируют в основном со стальными поковками и штамповками, отливками из серого и ковкого чугуна, а также из стали. Он отличается высокой износо- и коррозионной стойкостью. Поэтому его широко используют для производства коленчатых валов, поршневых колец и других деталей, работающих на трение, а также для производства труб, коррозионная стойкость которых намного выше, чем стальных [2].

Не менее известным, чем ВЧШГ был до конца 40-х годов XX века сталистый чугун, получивший широкое распространение во время Первой мировой войны. История введения его в производство мало освещена в литературе, а вместе с тем представляет особый интерес, не только с позиций истории литейного производства и металлургии, но и с технологической точки зрения.

Начиная с 1880—1885 гг. на французском рынке появились изделия из особого чугуна, который по своим свойствам далеко превосходил обыкновенный серый чугун. Чугун этот был известен под названием «арденского», по имени французских Арден, где он впервые и появился. Чугун этот выплавлялся в отражательных печах, и вначале только небольшое количество заводов его изготовляло и знало секрет его изготовления. Из этого арденского чугуна

изготавливались самые разнообразные предметы, как в области машиностроения, так и в хозяйственной, и благодаря своей прочности они получили широкое распространение во всей Франции. Непрерывный рост военного могущества Германии и её завоевательные стремления заставили изыскивать все меры для обеспечения французской армии возможно большим количеством снарядов в как казалось в то время, неизбежной войне. Одной из таких мер было приготовление снарядов из арденского чугуна. Арденский чугун, как стоящий по своему составу между чугуном и сталью, мог дать надежные снаряды, соединяя значительную прочность с простотой изготовления.

Появление и происхождение сталистого чугуна заключается в следующем: необычайный спрос на снаряды, созданный условиями Первой мировой войны, не мог быть удовлетворен одними лишь штампованными снарядами, поэтому необходимость снабжения действующих армий снарядами крупных калибров в значительном количестве привела артиллеристов к применению литых снарядов, условия и быстрота изготовления которых позволяли обеспечить их значительный выпуск, а снаряды эти стоили дешевле стальных.

Почему же французы остановились на этом арденском чугуне? Потому что спешная потребность и простота изготовления из сталистого чугуна, с одной стороны, и необеспеченность мартеновскими, прокатными и штамповальными цехами, выпускающих стальные снаряды в массовом количестве, с другой стороны, заставили французов обратить особое внимание на новый материал. Когда французы решили остановиться на арденском чугуне для литья снарядов, то они столкнулись с серьезным препятствием к применению этого чугуна в артиллерийском деле. Это были: приготовление его в отражательных печах, число которых в стране было мало, а главным образом неопределенность шихты и отсутствие технологии процесса плавки.

Чтобы сделать этот чугун пригодным и ценным материалом для массового литья снарядов в случае необходимости для Франции, было необходимо:

1. Применить для его изготовления вагранки.

2. Изучить его свойства и изыскать простые, научно обоснованные способы его изготовления и условия приемки, гарантирующие качество металла.

Изучением этих вопросов занялся капитан французской службы Праш, который с 1908 по 1912 г. получил из вагранки и исследовал чугун, известный впоследствии под названием сталистого чугуна. Труды Праша, являющиеся одним из интереснейших исследований сталистого чугуна, были напечатаны отдельным изданием французским артиллерийским ведомством еще в 1912 году. Почему же французы не остановились на сером чугуне? Потому что большие давления в канале орудий и большие скорости снарядов требуют от металла большой прочности, вследствие чего снарядам из простого чугуна приходилось давать большую толщину стенок при малой длине снаряда; таким образом, получался малый объем для помещения в снаряде взрывчатого вещества, что существенно понижало их боевое значение. Не говоря уже о таких дефектах при литье серого чугуна, как раковины, поры и т.п.

Но получение этого чугуна представляло особые трудности, поэтому вначале многие заводы терпели серьезные неудачи при литье этого вида чугуна.

Россия тоже была вынуждена переходить на такой чугун. Боевое снабжение русской артиллерии во время этой мировой бойни было из рук вон плохим. В качестве доказательства приведу несколько цифр по основной в то время 76 –мм пушке. В русской армии во время войны было подано 76-мм патронов: полевых 50 775 190, горных 3 228 790 шт. Состояло в запасах к началу войны 76-мм патронов: полевых 5 774 780, горных 657 825 шт. Всего изготовлено 76-мм патронов: полевых 56 549 970, горных 3 886 615 шт. Итого 76-мм патронов 60 436 585. Если же расход снарядов русской артиллерии сравнить с расходом выстрелов бывших союзников и противников России, то окажется, что русская артиллерия израсходовала в период мировой войны относительно совсем мало выстрелов. Действительно, во время войны 1914 – 1918 гг. всего было израсходовано выстрелов: **Франция:** 75-мм калибра около 163 630 000 выстрелов, 155-мм калибра около 28 000 000 выстрелов; **Германия:** всех калибров около 271 533 000 выстрелов; **Англия:** всех калибров около 170 386 000 выстрелов; **Австро-Венгрия:** всех калибров около 70 000 000 выстрелов. [3, с. 390]. Отметим, что общее количество выстрелов только из пушек (не считая винтовок, пулеметов, минометов, танков и ручных гранат) приближается к миллиарду (!!!) и это при 10 млн погибших в этой мировой бойне. Точность стрельбы замечательная. Не забудем, что в этой войне впервые были широко применены колючая проволока и железобетон, танки, авиация, зенитная артиллерия, подводные лодки, отравляющие газы и др.

Еще до начала Мировой войны, участники русско-японской войны предупреждали непосредственное начальство о необходимости введения больших калибров для орудий. Если 76 - мм орудие не могло разрушить глинобитные фанзы китайцев, то, что говорить о европейских деревнях, построенных из камня? Увы, изменений в русской артиллерии не произошло. И только во время войны, с резким увеличением потребности в 76-мм гранатах их начали изготавливать по упрощенному французскому методу из суррогатных материалов (вместо стали - чугун обыкновенный и сталистый), с целью скорейшего получения массового их выхода. К этому времени и относится появление в России сталистого чугуна, положившего начало легированию и модифицированию чугунов и приведшего к созданию высокопрочного чугуна.

Начиная войну, командование русской армии не сомневалось в том, что заготовленных запасов 76-мм патронов (по 1 000 на легкую и конную пушку и по 1 200 на горную) должно хватить, если не на год, но, во всяком случае, на первые 4...6 месяцев войны. Считалось, что за это время русские заводы успеют развернуть свою производительность, что к весеннему оживлению военных действий израсходованные запасы будут пополнены и русская полевая артиллерия вступит в кампанию 1915 г. вполне обеспеченная боевым комплектом 76-мм патронов. Предполагали, что так будет повторяться и впредь, если бы война затянулась, сверх всякого ожидания, на срок свыше года. Немаловажным фактором в неудовлетворительном снабжении снарядами армии являлось то, что долгие годы Главное Артиллерийское управление (ГАУ) возглавлял великий князь Сергей Михайлович, который кроме прицельной стрельбы из пушек по считал ничем в артиллерии не интересовался, а достижения в военном деле

попросту игнорировал. (Как лицо царской фамилии он не был подсуден и подчинялся только царю.)

Отметим, что А.А. Игнатъев, будучи военным агентом во Франции, еще в конце 1912 года предупреждал тогдашнего начальника Генерального штаба генерала Я. Г. Жилинского и его заместителя генерала М. А. Беляева о необходимости запаса до 1500 снарядов на орудие, как у французов. Беляев отвечал, что по его мнению, имея 600 (!) снарядов на орудие и увеличив это количество до 900, часть из которых будет в разобранном виде (одна часть – в Самаре, а вторая – во Львове! – А.Ж.), русская артиллерия будет подготовлена к войне [5, с. 382-383]. Предположения эти не оправдались. С августа 1914 г., едва начались боевые действия, как из армии посыпались самые настойчивые и тревожные требования на пушечные 76-мм патроны. По подсчету Ставки израсходовано было 76-мм патронов за три недели **«в среднем на каждое орудие около тысячи»**, т. е. участвовавшими в боях орудиями был израсходован весь комплект выстрелов, рассчитанный на год (!).

Далеко не все количество снарядов было получено на отечественных военных заводах. Мобилизация квалифицированных рабочих в армию, выжидание более высокой цены на снаряды, разгильдяйство, да и просто саботаж привели к тому, что снарядный голод в начальном периоде войны был огромен. Никого в Ставке Главного командования не волновало, что расхлебывать все это придется великолепной русской пехоте, вынужденной идти в атаку без огневой поддержки артиллерии, на неразрушенные доты, на несмятые ряды колючей проволоки, на пулеметы и орудия противника.

Нашлись, однако, в русской армии два человека, которым удалось переломить ситуацию: выдающийся военный дипломат, а впоследствии и замечательный писатель - генерал Алексей Алексеевич Игнатъев, находившийся в то время на должности военного агента во Франции и сумевший организовать местную промышленность на выпуск снарядов по русским образцам, выпустив около 12 млн (!) 76 мм снарядов. Сложность работы, проделанной Игнатъевым, ошеломляет – в военное время в чужой воюющей стране найти рабочих, материалы, организовать приемку и отправку снарядов в Россию и все это за французский кредит, без привлечения русского капитала. Да только выпуск русских снарядов, калибр которых исчислялся в дюймах и в линиях, во Франции, с ее метрической системой, был тем камнем преткновения, о который мог сломать шею любой снабженец, да еще иностранец. А отправка в Россию (в Мурманск и Архангельск) на 120 нагруженных до ватерлинии пароходах вооружения, биноклей, тиглей, винтовок и многого другого имущества? А курирование Экспедиционного русского корпуса во Франции? [5, с. 566]. Это уже не простое выполнение своих обязанностей, это был подвиг! Однако использование военных материалов в России тоже оставляло желать лучшего. По словам самого Игнатъева: «... перевозка по железным дорогам из Архангельска на Петроград и Москву была так плохо налажена, что, по свидетельству французов, побывавших в этом порту, они в 1916 году проезжали на санях по крышкам ящиков с французскими самолетами, занесенных снегом и высланных мною ещё летом 1915 года!» [5, с. 565]

Вторым был генерал Семен Николаевич Ванков - уполномоченный ГАУ, которому удалось наладить работу заводов в России. Организация эта стоила немало усилий. Только под нажимом на чиновников со стороны военной комиссии Государственной думы дело сдвинулось с места [5, с. 510]. Общее количество предприятий, входивших в систему «Организации Ванкова», установить трудно; в документах и литературе это число колеблется примерно в диапазоне 380...564, составляя в среднем 450 предприятий. Масштабы и характер этих предприятий самые различные. Наряду с крупными предприятиями тяжелой промышленности, такими, как Коломенский, Мальцевские, Тульский, Брянский заводы, акционерные общества Донецкое металлургическое, Краматорское металлургическое, «Динамо», «Русский Провиданс», Общество русской железной промышленности, «Русский Рено», Днепровское металлургическое и др., мастерские МВТУ, ряд технических училищ, крупнейшие текстильные предприятия (Прохоров, Морозов, Тверская мануфактура и др.), химические предприятия, заводы и фабрики Военно-промышленных комитетов и др. Вся эта гигантская масса самых разнородных предприятий управлялась из единого центра, работала по единой программе, но единым техническим условиям, централизованно снабжалась топливом, сырьем, материалами, оборудованием, рабочей силой и т. п. Кроме того, Ванков имел большую административную власть над собственниками предприятия. «Организация Ванкова» явилась опытом технической мобилизации в Средней и Южной России мелких и средних предприятий, опытом, наиболее удачным из всего, что создали царское правительство и русская буржуазия за время первой мировой войны» [6, с.106]. Количественные результаты работы «Организации Ванкова» видны из следующих данных, отражающих поставки с заводов по 1 января 1918 г: 76-мм гранат (корпусов) — 13 683 334; 122-мм гранат (корпусов) — 104 956; 152 мм гранат (корпусов) — 488 487; запальных стаканов 76-мм — 12 250 863; запальных стаканов 152-мм - 730 294; запальных стаканов УС - 646 512; детонаторных трубок снаряженных – 521 260; а детонаторных трубок неснаряженных 4 096 975.

Большая часть снарядов, изготовленных Организацией, — это 76-мм гранаты. Для сравнения укажу, что вся русская промышленность за годы войны изготовила около 28 млн. 76-мм гранат. Таким образом, «Организация Ванкова» произвела почти половину всех 76-мм гранат, выпущенных в России. Интересно, что мощная группа Путиловского завода, заводов Русского общества изготовления снарядов, Коломенского и Русско-Балтийского заводов (то есть заводов, по своей мощности превосходящих весь парижский район! [6, с. 509]) дала лишь 3 млн. 76-мм гранат, т. е. в 4,5 раза меньше, чем «Организация Ванкова». Но Организация изготавливала также тяжелые снаряды, запальные стаканы, взрыватели, другое военное снаряжение и т. п. [6, с. 107]

Именно с именем С. Н. Ванкова (впоследствии профессора) в отечественной металлургии и связано начало производства «сталистого» чугуна, явившегося предшественником чугуна высокопрочного. Первые снаряды из сталистого чугуна появились на действующем французском фронте в январе 1915 года, и широкое их применение в бою подтвердило их высокие боевые качества, вследствие чего производительность их во Франции в дальнейшем была утроена.

Сталистый чугун широко стал известен в России с 1915 г. для изготовления снарядов преимущественно средних и больших калибров. После войны были попытки по изготовлению частей приборов и машиностроительных деталей, но это были частные случаи применения этого сплава.

Причинами прочности сталистого чугуна являлись относительная бедность его углеродом и значительный процент связанного углерода. Обеднение чугуна углеродом, получившееся в арденском чугуне вследствие выгорания углерода в отражательной печи, не могло быть получено тем же способом в вагранке, так как последняя, наоборот, обогащает металл углеродом. Отливки из чугуна, выплавленного в отражательных печах, были очень прочны с очень плотным серым зерном. Сталистый чугун электрической печи - чугун малоуглеродистый, малографитистый, светло-серого цвета. Чугун же ваграночный — многоуглеродистый, графитистый. Он может быть и светло-серым, но только тогда, если в нем будет много цементита. Причина этому проста: вводимый в вагранку стальной лом и стружка у фурм насыщается углеродом, и получение малоуглеродистого чугуна в вагранке при плавке шихты только из чугуна и кокса невозможно. Избыток графита понижает механические качества чугуна. Обеднение углеродом чугуна при плавке в вагранке удалось достичь присадкой значительных количеств стали. Арденский чугун, выплавляясь в отражательных печах, получался малосернистым, в вагранках же чугун, находясь в непосредственном соприкосновении с топливом, сильно насыщается от него серой. Чрезвычайно вредное влияние серы на прочность чугуна заставило всеми мерами бороться против нее, создавая, таким образом, дополнительную трудность при изготовлении сталистого чугуна. В результате получается чугун состава: $C = 3 \pm 0,1$; $Mn = 0,7 \pm 0,2$; $Si = 1,3 \pm 0,3$; P - не более 0,15 ; S - не более 0,12% [7, с. 20].

Уместно отметить, что и в России были в прошлом самостоятельные попытки к получению чугуна, сходного со сталистым. Попытки эти были не только в области машиностроения, но и в снарядном деле; что подтверждается следующим: при рассмотрении вопроса о производстве сталистого чугуна в Артиллерийском Комитете (журнал № 3271 от 23 августа 1916 года) в заседании 1-го Отдела Артиллерийского Комитета профессор Д. К. Чернов сообщил, что получение сталистого чугуна уже давно испытано в России для отливки бронебойных снарядов крупных калибров: так, в семидесятых годах XIX ст. по инициативе Н. И. Путилова на его заводе сталистый чугун приготавливался путем преждевременного прекращения процесса в бессемеровских конверторах. Что же касается получения чугуна в вагранках с присадкой стали, то такие опыты были широко произведены самим проф. Д.К. Черновым на Обуховском заводе ещё в 1870 – е гг. XIX века. Еще тогда Д.К. Черновым было выяснено, что стальные мелкие высечки и обрубки, весом до 20 кг, можно было использовать в количестве до 50% общего веса шихты для вагранки. Металл разливали максимально нагретым, около $1400^{\circ}C$.

Таким образом, Первая мировая война показала, что расчеты на молниеносный исход войны не оправдались. Накопленные в мирное время запасы оружия и боеприпасов, за счет которых генеральные штабы надеялись

вести военные действия, оказались израсходованы в течение первых двух-трех месяцев войны. Уже в сентябре 1914 г. все воюющие страны стали испытывать кризис боевого снабжения, из которого пытались выйти любыми методами, одним из которых и стал переход на производство сталистого чугуна.

Выводы

Противоборствующие страны, готовясь к Первой мировой войне, не предвидели ни ее продолжительности, ни колоссальности масштаба, ни огромного расхода предметов боевого снабжения вообще и в особенности расхода боевых припасов, достигшего чудовищных размеров. В течение всей мировой войны было израсходовано в общей сумме до миллиарда (!) выстрелов всех калибров: русской артиллерией более 50 миллионов, австро-венгерской до 70 миллионов и германской около 272 миллионов; французская артиллерия израсходовала выстрелов только 75-мм и 155-мм калибров около 192 млн.

Пытаясь выйти из сложившегося положения, воюющие страны вводили в производство всевозможные заменители привычных материалов для изготовления вооружения. Одним из них стал сталистый чугун – промежуточный материал между серым чугуном и сталью, широко применяющийся в военном деле и сегодня [8]. Практически одновременно он исследовался вначале в России проф. Д. К. Черновым и несколько позже во Франции – капитаном Прашем. Послевоенное развитие технологии плавки и обработки чугуна привело вначале к появлению модифицированного чугуна, а впоследствии – к появлению синтетического чугуна и высокопрочного чугуна, несомненно, являющегося важнейшим изобретением в металлургии и литье XX века – единственном сплаве, мировое производство которого увеличивается каждый год, уже в течение более, чем 60 лет.

Список литературы: 1. Ductile iron: 25 year saga of success.—Mod. Cast., 1973, May, p. DI 1—DI 32. 2. Справочник по чугунному литью. /Под редакцией проф. Гиршовича Н. Г. Л. Машиностроение, 1978, 757 с. 3. Барсуков Е.З. Русская артиллерия в мировую войну. Т. 1. М.: Воениздат, 1939. – 396 с. 4. Барсуков Е. З. Русская артиллерия в мировую войну. Т. 2. М.: Воениздат. 1940.- 462 с. 5. Игнатъев А. А. Пятьдесят лет в строю. М.: Воениздат, 1988.- 751 с. 6. Черняк Е.Н. Семен Николаевич Ванков. М. Наука, 1966. - 210 с. 7. Ванков С.Н. Сталистый чугун. ГТИ, Москва, 1930.- 108 с. 8. Журило А.Г. Научные школы металлургов Харькова до начала Второй мировой войны. // Материалы V Международной научно-практической конференции «Динамика современной науки». София, 2009, т.6. - С. 24...28

Поступила в редколлегию 21.12.2010

УДК 539.3:004.942

В.И. ОЛЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доц., УДХТУ, г. Днепропетровск

О ПРИМЕНИМОСТИ МЕТОДА ГОМОТОПИЧЕСКОГО ВОЗМУЩЕНИЯ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ

Показана возможность использования метода гомотопического возмущения для решения регулярных задач механики при условии формулировки его в форме модифицированного метода продолжения по параметру и обобщенного суммирования по схеме Паде.

Ключевые слова: продолжение по параметру, гомотопическое возмущение, схема Паде.

Показана можливість використання методу гомотопічного збурення для вирішення регулярних задач механіки за умови формулювання його у формі модифікованого методу продовження по параметру та узагальненого підсумовування за схемою Паде.

Ключові слова: продовження по параметру, гомотопічне збурення, схема Паде.

The possibility of using the homotopy perturbation method is demonstrated for solving regular problems in mechanics, provided the wording it in the form of a modified method of parameter continuation and generalized Padé summation scheme.

Keywords: parameter continuation, homotopy perturbation, Padé scheme.

1. Введение

Метод гомотопического возмущения (НРМ), использующийся для приближенного аналитического интегрирования обыкновенных нелинейных дифференциальных уравнений, основывается на искусственном параметре и зависящем от него функционале – гомотопическом отображении [1, 2]. Такой подход восходит к Пуанкаре, Ляпунову и, позже, применялся Дороднициным. Чтобы обеспечить сходимость искомых величин для предельных значений параметра, рядом авторов были предложены методы аналитического продолжения решения, наиболее мощным из которых является мероморфное продолжение по схеме Паде (РА) [3, 4]. На его основе автором был разработан модифицированный метод продолжения по параметру (ММРС) [4, 5], обосновывающий схему возмущения исходной задачи и область сходимости полученного дробно-рационального приближения.

Позже Ляо [6] предложил приближенное решение, основанное на топологическом подходе. Согласно его методу гомотопического анализа (НАМ) после построения гомотопии, искомое решение разлагается в обобщенный ряд по системе выбранных базисных функций. По мнению Ляо, определенный выбор формы гомотопии и входящих в нее параметров гарантирует сходимость приближения. Следует отметить, что метод достаточно громоздок, а приводимые Ляо доказательства сходимости вызывают определенные сомнения и требуют тщательной проверки.

Метод гомотопического возмущения (НРМ) представляет собой более поздний и упрощенный вариант НАМ, разработанный Хе [1, 2]. Хе представляет гомотопическое отображение в виде ряда по степеням искусственного параметра и разделяет разрешающие уравнения на предельные линейные системы. Хе предлагает использовать только первые несколько последовательных приближений, но не определяет их необходимое количество и область пригодности.

Автором показано ранее, что при правильно выбранной схеме возмущения НРМ совпадает с ММРС для регулярных обыкновенных дифференциальных уравнений, и является разложением решения ММРС по степеням естественного малого параметра для сингулярных задач [13]. Поэтому при решении регулярных задач НРМ должен давать удовлетворительные результаты, улучшаемые только обобщенным суммированием. Вместе с тем, существует ряд работ, например Санчеса [7], в которых показана неприемлемость результатов, полученных Хе, при решении регулярных задач. В известной полемике с Санчесом [2, 7] Хе признал указанные факты, мотивируя это так: "Хорошо известно, что

возмущенное решение представляется асимптотическим рядом, который не является сходящимся, и это неотъемлемый недостаток метода возмущения (...) мой метод также имеет свои ограничения". Но такое несоответствие входит в явное противоречие с результатом [5] и требует отдельного рассмотрения, чему и посвящена настоящая работа.

2. Анализ методики применения НРМ в работах Хе

Стандартная методика расчета НРМ, предлагаемая в работах Хе выглядит следующим образом. Рассматривается краевая задача

$$A(u) = f(r), r \in \Omega, \quad (1)$$

$$B(u, \partial u / \partial n) = 0, r \in \Gamma, \quad (2)$$

где A - нелинейный оператор общего вида, B - граничный оператор, $f(r)$ - известная аналитическая функция, $u = u(r)$ - искомая функция аргумента r , Γ - граница области изменения аргумента Ω .

Оператор A представляется в виде суммы двух операторов – линейного L и нелинейного N , при этом способ разбиения Хе считает произвольным и зависящим от искусства расчетчика. Далее строится гомотопия для параметрической функции $v(r, p)$ вида

$$H(v, p) = (1 - p)(L(v) - L(u_0)) + p(L(v) + N(v) - f(r)) = 0, \quad (3)$$

где u_0 - функция, удовлетворяющая граничным условиям (2), вид которой также не оговаривается, p - параметр.

Из (3) следует, что $u(r) = v(r, 1)$. Разлагая все входящие в (3) величины в ряд по степеням p и приравнявая коэффициенты при соответствующих степенях параметра нулю, получим рекуррентную систему дифференциальных уравнений

относительно коэффициентов разложения $v = \sum_{i=0}^{\infty} v_i(r) p^i$. Продолжение

полученного ряда до значения $p=1$ дает искомое решение, если сумма ряда существует и конечна. Для практических расчетов Хе рекомендует брать несколько первых членов ряда, не уточняя, какое именно число членов достаточно для достижения заданной точности. При этом он считает, что увеличение числа членов приводит к снижению точности, т. к. ряд может быть расходящимся. Залогом хорошего приближения к точному решению он считает правильно выбранную форму начального приближения. Надо отметить, что в работах последователей Хе особенно в последнее время появилась понимание необходимости обобщенного суммирования полученного решения. При этом, как и ранее, не делается никаких попыток обосновать применение используемых схем.

Иллюстрируя в [2] метод на примере решения уравнения Дуффина

$$u'' + u + eu^3 = 0, u(0) = A, u'(0) = 0. \quad (4)$$

и используя априорные представления о близости решения (4) к решению линеаризованного уравнения, Хе вбирает для нулевого приближения следующую начальную задачу

$$u_0'' + b^2 u_0 = 0, u_0(0) = A, u_0'(0) = 0, b^2 + eh = 1, \quad (5)$$

где h - неизвестная константа, используемая для удаления секулярных членов на следующем шаге приближения.

Затем b и искомая функция u разлагаются в ряды по e . Введенные в (5) параметры дают в заданной комбинации единицу и, таким образом, исчезают из решения в конечном выражении, поэтому решения на каждом шаге не определены по этим параметрам. Кроме того, Хе удовлетворяет граничные условия в сумме $\left(\sum_{i=1}^{\infty} u_i = 0, \sum_{i=1}^{\infty} u'_i = 0 \right)$. Поэтому в каждом приближении, начиная с первого, возникают члены с ненулевыми начальными условиями, которые компенсируются на следующем шаге. Хе делает это потому, что получение полного решения на каждом шаге привело бы к необходимости удалять секулярные члены на следующем, а для этого нет свободных параметров. При этом он не поясняет, зачем это сделано, и как это сделать в общем случае. Полученное таким образом приближение периодически, дает удовлетворительную оценку частоты, но плохо оценивает фазу и величину точного решения при увеличении естественного параметра e , на что и указывает Санчес [7].

3. Применение обоснованной методики расчета

Проблемы решения Хе основаны на отказе от обобщенного суммирования. Именно поэтому он использует усложненные формы начальных приближений. В то же время, если использовать НРМ по схеме ММРС что в случае регулярной задачи, какой является (1)-(2), приводит к их совпадению, то решение получается корректным и равномерно пригодным. Введем искусственный параметр по схеме ММРС: $u = \sum_{i=0}^{\infty} u_i p^i, u'' = p(-u - e u^3)$. Решение получается в виде

$$u \approx A - A \frac{1 + e A^2}{2} t^2 + A \frac{(1 + e A^2)(1 + 3e A^2)}{24} t^4, \quad (6)$$

а его приближение по схеме Паде будет иметь вид

$$u \approx A \left[12 - (5 + 3e A^2) t^2 \right] / \left[12 + A(1 + 3e A^2) t^2 \right], T = 8\sqrt{3} / \sqrt{5 + 3e A^2}. \quad (7)$$

Полученное решение не является периодическим, но это легко исправляется принудительной периодизацией полученного ряда. Период T определяется как учетверенное время достижения нуля, что является общепринятой практикой для колебательных функций общего вида. Хорошее соответствие между (7) и результатом [7] для разных величин e при $A=1$ приведены на рис. 1.

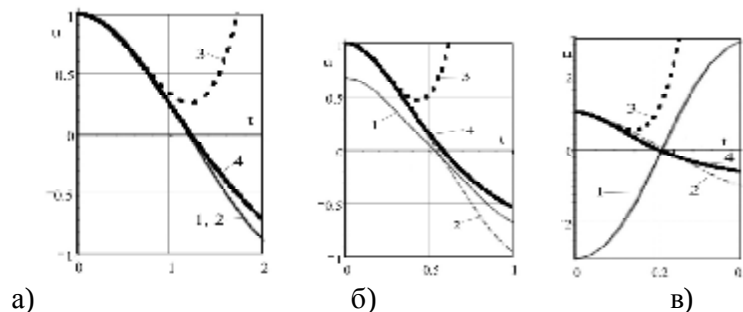


Рис. 1. Сравнение решения для $e = 1$ (а), $e = 10$ (б) и $e = 100$ (в). 1- Решение Хе [2], 2 – решение Санчеса [7], 3 – ряд (6), 4 – аппроксиманта Паде (7).

4. Выводы

Применение НРМ в регулярных задачах механики позволяет получить сходящееся решение, пригодное во всей области изменения естественного параметра. Это возможно при использовании схемы возмущения задачи, предложенной в модифицированном методе продолжения по параметру, и суммировании решения по схеме Паде.

Список литературы: 1. He, J. H. Homotopy perturbation technique. Comput. Meth [Текст] / J. H. He // Appl. Mech. Eng. - 1999. - № 178. - P. 257-262. 2. He, J. H. A new perturbation technique which is also valid for large parameters [Текст] / J.H. He // Journal of Sound and Vibration – 2000. – № 225 – P. 1257–1263. 3. Андрианов, И. В. Применение метода Паде-аппроксимант для устранения неоднородностей асимптотических разложений [Текст] / И. В. Андрианов // Изв. АН СССР. Механика жидкости и газа. – 1984. - №3. – С. 166-167. 4. Andrianov, I. V. A modified Adomian's decomposition method [Текст] / I. V. Andrianov, V. I. Olevskij, S. Tokazhevskij // J. Appl. Math. Mech. – 1998. – V. 62. - No.2. – P. 309-314. 5. Андрианов, И. В. Обобщение подходов Адомяна и гомотопического возмущения на основе модифицированного метода продолжения по параметру [Текст] / И. В. Андрианов, В. И. Олевский, В. В. Плетин // Теоретичні основи будівництва. – Варшава: Изд-во Варшавской Политехники, 2010. – № 18. – С. 45-52. 6. Liao, S. J. Beyond Perturbation - Introduction to the Homotopy Analysis Method [Текст]: монография / S. J. Liao - Chapman & Hall/CRC, Boca Raton, 2003. – 317 p. 7. Sanchez, N. E. A view to the new perturbation technique valid for large parameters [Текст] / N. E. Sanchez // Journal of Sound and Vibration. - 2005. – № 282 – P. 1309–1316.

Поступила в редколлегию 11.01.2011

УДК 621.735.2.043

А.В. МАКОВЕЦКИЙ, аспирант НАКУ «ХАИ», г. Харьков

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКУЮ ТОЧНОСТЬ ГОРЯЧЕЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ ТИПА ВТ-20

Определены технологические ограничения на конструкцию заготовок, получаемых методом горячей объемной штамповки в открытых штампах, и параметры, влияющие на технологическую точность горячей штамповки и качество готовой продукции. Проведено экспериментальное и компьютерное моделирование процесса штамповки поковок П-образной формы из титанового сплава типа ВТ-20. Получены допустимые значения расположения заготовки в штампе.

Визначені технологічні обмеження на конструкцію заготовок, що отримують методом гарячого об'ємного штампування у відкритих штампах, та параметрів, що впливають на технологічну гарячого об'ємного штампування та якість готової продукції. Проведено експериментальне та комп'ютерне моделювання процесу штампування поковок П-образної форми з титанового сплаву типу ВТ-20. Отримані допустимі значення розташування заготовки в штампі.

The technological limitations on the design of billets obtained by open die forging with a flash, and the parameters affecting the accuracy of hot forging and the quality of the finished product are identified. An experimental and computer simulation of forging billets П-shaped from titanium alloy such as ВТ-20 was carried out. A valid location values of billet in the die are obtained.

В условиях современного производства летательных аппаратов широко применяется горячая объемная штамповка как метод изготовления заготовок ответственных деталей. Это объясняется высокой производительностью процесса, высокими механическими свойствами деталей, достигаемой точностью в пределах установленных отклонений. Обеспечение заданной точности готовой детали определяется взаимозаменяемостью заготовок, полученных методом горячей штамповки, и как следствие, возможностью применять точные приспособления для дальнейшей механообработки [1].

Сочетание таких ценных свойств титановых сплавов, как малая плотность, высокая удельная прочность, коррозионная стойкость и ряд других, привели к их широкому использованию в самолето- и ракетостроении. Задачами горячего деформирования титановых сплавов являются, во-первых, формообразование (придание заготовке формы близкой к форме конечной детали) и, во-вторых, получение требуемого качества детали (набора механических свойств и оптимальной макро- и микроструктуры).

Наиболее важной особенностью горячего деформирования титановых сплавов является получение благоприятной структуры материала на каждой из предварительных стадий обработки, что обеспечивает получение заготовок требуемого качества на окончательной стадии и эффективность термообработки. При этом весьма ограниченной является область благоприятных условий деформирования. Так температурные интервалы штамповки довольно узки и регламентируются положением точки $\frac{b}{a+b}$ превращения, имеющим большое

значение в процессе горячего деформирования. При этом титановые сплавы при объемной горячей штамповке деформируются крайне неравномерно, причем образуется разнотекучая макроструктура. Штамповку рекомендуется осуществлять в открытых штампах. Следствием приведенных выше фактов является необходимость применения многостадийной штамповки с многократным промежуточным нагревом заготовки для получения поковок требуемых размеров, заданной точности и структуры материала. Таким образом, процесс горячей обработки титановых сплавов требует более жесткого контроля, что приводит к дополнительной сложности процесса штамповки [2].

В результате проведенного исследования номенклатуры горячештампованных заготовок из труднодеформируемых титановых сплавов была выделена одна из наиболее распространенных групп таких поковок. К ней относятся заготовки штампованные сложной формы с высокими тонкими ребрами, малыми радиусами сопряжений, тонкими полостями большой площади (детали типа фитингов, кронштейнов, балок, панелей и т.д.). Классификационная группировка таких заготовок приведена в табл. 1. Поковки этой группы также относятся к заготовкам штампованным с ориентированным направлением волокон металла, влияющим существенным образом на однородность деформирования и, следовательно, качество детали. Материалом для заготовок таких деталей широко используется титановый сплав типа ВТ-20 [1,3]. Получение поковок с тонкими полостями и высокими тонкими ребрами представляет значительную технологическую трудность. Неправильно выбранные соотношения геометрических размеров элементов поковок приводят в

процессе штамповки к возникновению следующих дефектов: складок, зажимов, незаполнений и т.д. Приведенные выше данные о сложности получения заготовок и особенностях деформирования титановых сплавов определяет необходимость и востребованность разработки процессов объемной штамповки для получения деталей заданной формы, точности и с требуемой структурой.

Для горячей штамповки деталей 1-ой группы авторами работы [4] предложена следующая технологическая схема, включающая штамп, состоящий из двух ручьёв. При этом предварительный ручей штампа имеет гравюру, обладающую дополнительными (направляющими) выступами на верхней стороне гравюры, соответственно выступам формирующим оребрение. Скругленный профиль направляющего выступа обеспечивает преимущественное затекание металла в сторону ребер. Окончательный ручей штампа выполняется в форме приближенной к форме готовой детали. Эскизы заготовки в предварительном ручье штампа, соответствующие разработанной схеме штамповки в штампах с дополнительными элементами формы приведены в табл.1.

При экспериментальном исследовании процессов горячей объёмной штамповки поковок из труднодеформируемых титановых сплавов довольно существенные трудности и затраты вызывает необходимость использования оборудования высокой мощности, изучение деформированного состояния отдельных элементов крупногабаритных поковок типа балок, кронштейнов, панелей, проведение эксперимента в равномерных температурных условиях. Поэтому при исследовании и отработке техпроцесса штамповки целесообразно проводить предварительное моделирование процесса на пластичных образцах с целью исследования влияния конструктивных характеристик штамповой оснастки на процесс деформирования заготовок.

Известна методика качественного моделирования процессов обработки металлов давлением, в частности объемной штамповки [5,6]. Эксперимент проводится с использованием мягких материалов (пластилина, глины). Его цель – качественное изучение возможного механизма формоизменения заготовки. При этом к материалу модели предъявляются следующие требования:

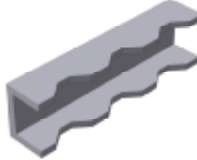
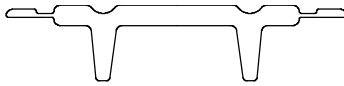
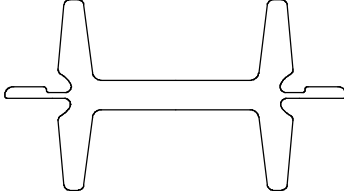
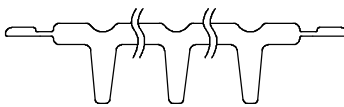
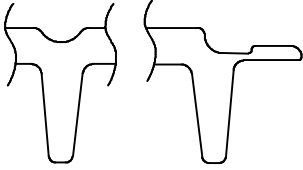
- его пластичность при комнатной температуре должна быть близкой к пластичности металла при температуре горячей штамповки;
- усилия деформирования должны быть небольшими.

Для этого необходимо близкое совпадение кривой текучести (напряжение в зависимости от величины и скорости деформации) для модели и реального материала. В нашем случае предлагается, в качестве модельного материала, использовать пластилин, свойства которого подробно изучены.

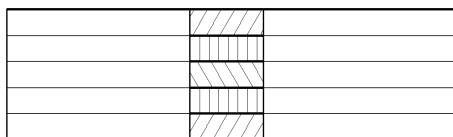
Для того чтобы смоделировать соответствующие условия трения при горячей штамповке, используется мел и вазелин [5,6]. В соответствии с методикой Кука [6] применяются образцы из разноцветных слоев пластилина для моделирования процессов горячей штамповки.

В качестве заготовки используется образец прямоугольного сечения, который набирается из разноцветных отдельных пластин пластилина, толщиной 5...7 мм, имеющими сечение аналогичное заданному, (рис.1).

Таблица 1 – Классификационная группировка штампованных заготовок с
оребрением

Группа	Модель детали	Эскиз заготовки в предварительном ручье	Характеристика штампованных заготовок
1	Подгруппа а 		Заготовки штампованные П- образной в сечении и удлинённой в плане формы с односторонним расположением выступов относительно полотна
	Подгруппа б 		
2			Заготовки штампованные Н- образной в сечении и удлинённой в плане формы с разносторонним расположением выступов относительно полотна
3			Заготовки штампованные с тонкими полотнами большой площади, тонкими высокими рёбрами
4		Комбинация элементов 	Заготовки штампованные сложной формы с тонкими полотнами и рёбрами

При разработке конструкции оснастки следует учитывать соответствие принципу подобия, связанному с протеканием подобных физических явлений в геометрически подобных системах, как говорится в первой теореме подобия [7]. Или отношения размеров чернового ручья штампа являются инвариантами подобия.



а

б

а- теоретическая схема; б- образец из мягкого материала

Рис. 1 – Заготовка из пластилина

Геометрические параметры поковки 1-ой группы, подгруппы а в предварительном ручье штампа, соответствующие разработанному автором приему штамповки, приведены на рис. 2.



Рис. 2 - Геометрические параметры поковки 1-ой группы, подгруппы а, на предварительной стадии штамповки

При сравнении схемы заполнения полости штампа для титановых сплавов (рис.3) и картины распределения слоев заготовки (рис.4, а), полученной при экспериментальном моделировании процесса штамповки поковки П-образной формы, была установлена адекватность принятой модели для качественного исследования механизма формоизменения заготовки.

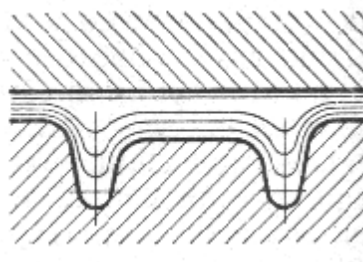


Рис. 3 – Схема заполнения полости штампа при штамповке

Схема заполнения штампа при экспериментальном моделировании штамповки соответствует ожидаемой для титановых сплавов [3], и, следовательно, модель адекватно описывает течение металла с учетом предъявленных требований к материалу модели и конструкции модельной оснастки.



а



б

А – область формирования П-образного выступа; Б – область формирования полотна; В – полость сформированная в теле поковки за счет создания дополнительного (направляющего) выступа на верхней гравюре штампа; Г – область незаполнения ручья штампа; Д – область чрезмерного вытекания материала заготовки в облой; h – величина недоштамповки выступа по высоте

Рис. 4 - Окончательная форма заготовки в предварительном ручье (а) и форма заготовки в случае установки заготовки со смещением (б)

В результате проведенных исследований определены предварительные размеры заготовки для штамповки, обеспечивающие заполнение ручья по высоте, установлена эффективность заполнения самого выступа за счет изменения направления скорости течения металла, равномерность деформации слоев пластилина в теле поковки и их эквидистантность контуру заготовки (рис.4, а).

Материал заготовки полностью заполнил ручей штампа, выбранная ширина мостика облойной канавки позволила создать нужное сопротивление течению материала, обеспечивающее заполнение П-образных выступов по высоте. Выбранные геометрические параметры направляющих выступов (радиус и расстояние между ними) обеспечили преимущественное затекание материала заготовки в П-образный выступ (рис.4, а область А) до вытекания металла в облой. При этом установлено, что благодаря разработанному приему штамповки обеспечивается проработка труднодеформируемых средних слоев материала. На рис. 4,а видно, что средние слои заготовки участвуют в формировании как полотна так и оребрения детали и вытекают в облой, а верхний и нижний слой участвуют лишь в формировании полотна и оребрения соответственно (что соответствует схеме заполнения полости штампа, приведенной в литературе).

В результате экспериментального моделирования процесса штамповки показана важность базирования и правильной установки заготовки в полости штампа. Так на рис.4, б приведена форма заготовки в случае неправильной установки со смещением вертикальной оси симметрии заготовки на величину $d/a = \pm 0,036$ от оси симметрии штампа (где d - величина смещения, a - расстояние между ребрами). Заготовку в данном случае следует отнести к браку ввиду того, что недоштамповка по высоте ребра (рис.3, б зона Г) достигает величины 12% от заданной высоты. Также следует отметить чрезмерное вытекание металла в облой с противоположной стороны (рис.3, б зона Д). При этом смещение заготовки в полости штампа оказывает наибольшее влияние на область формирования П-образного выступа (рис. 4,б зона Г, Д), приводя в приведенным выше дефектам. В тоже время практически отсутствует влияние неправильной установки на формирование области полотна.

Таким образом, установлена важность точности расположения заготовки в штампе, пренебрежение которой приводит к получению некачественной продукции и увеличению доли брака. По мнению автора статьи это является недопустимым в условиях современного рынка и не позволит обеспечить конкурентоспособность авиационной техники. Назначение технологического допуска в аэрокосмической отрасли еще не нашло должного развития. Это связано с тем, что он не имеет вполне определенного и единственного значения в количественном представлении (в отличие от конструкторского и эксплуатационного допуска), а имеет множество значений соответствующих построению конкретного операционного технологического процесса. Поэтому актуальным на данный момент представляется развитие работы по определению технологического допуска на установку заготовки в предварительном ручье штампа (1-ой группы, подгруппы а) с помощью компьютерного моделирования. Целью данного исследования является выявление конкретных значений допустимого смещения заготовки, не приводящего к образованию недоштамповки

ребер, а также не приводящему к неравномерному распределению напряжений и деформаций в теле поковки и как следствие возникновению остаточных напряжений, короблению и более интенсивному износу инструмента.

Проведено компьютерное моделирование процесса штамповки поковки 1-ой группы, подгруппы а с заданным смещением заготовки в предварительном ручье штампа с направляющими выступами в конечно-элементной (КЭ) системе. Установлено, что данная КЭ система адекватно описывает напряженно-деформированное состояние поковки с точностью до 15 %. Проверка производилась путем сравнения расчетных данных с результатами эксперимента, проведенного авторами работы [8].

Разработана конечно-элементная модель в которой, приложение нагрузки к заготовке моделируется путём задания перемещения вдоль вертикальной оси верхней половинки штампа за один шаг (процесс штамповки в предварительном ручье был разбит на 100 шагов). Начальная скорость движения инструмента задана равной 0,25 м/с.

Деформации обеих частей штампа по сравнению с деформациями заготовки пренебрежимо малы, поэтому они моделируются как жёсткие тела. Контактное взаимодействие заготовки с частями штампа моделируется кинематическим условием непроникновения, условием равенства нормальных сил на контактных поверхностях штампа и заготовки, касательной силой, обусловленной трением между контактирующими телами (коэффициент трения для случая горячей штамповки со смазкой $m = 0,5$).

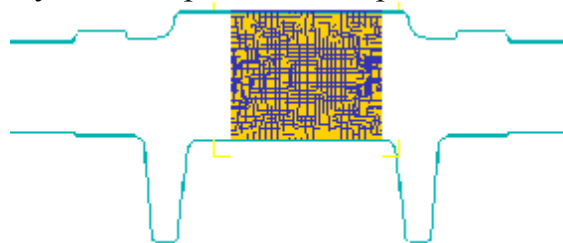


Рис. 5 - Начальное состояние КЭ модели штамповки

Форма оснастки и исходной заготовки приведены на рис.5. На рис. 6 приведены форма заготовки и распределение интенсивности напряжений и деформаций на окончательной стадии штамповки.

При проведении компьютерного моделирования установлено, что при смещении заготовки в полости штампа на величину $d/\dot{a} = \pm 0,036$ (рис.6, в г) на окончательной стадии процесса мы получаем недоштамповку П-образного выступа на 9% по высоте (при моделировании с использованием мягких материалов данная величина достигала 12%, что может быть вызвано различным заданием механизма деформирования материала и контактных условий). Полученную деталь в данном случае следует отнести к браку. Распределение напряжений и деформаций носит неравномерный характер, максимальные наблюдаются в зоне перехода полотна в П-образный выступ и достигают значения 360...450 МПа при интенсивности деформаций 2,6...3,1.

В случае смещения заготовки на величину $d/\dot{a} = \pm 0,018$ геометрия поковки оформлена полностью без дефектов формы, однако анализ распределения напряжений и деформаций не позволяет считать ее годной, ввиду того, что в области перехода полотна в П-образный выступ (противоположно заданному смещению) также наблюдается зона повышенных напряжений и деформаций.

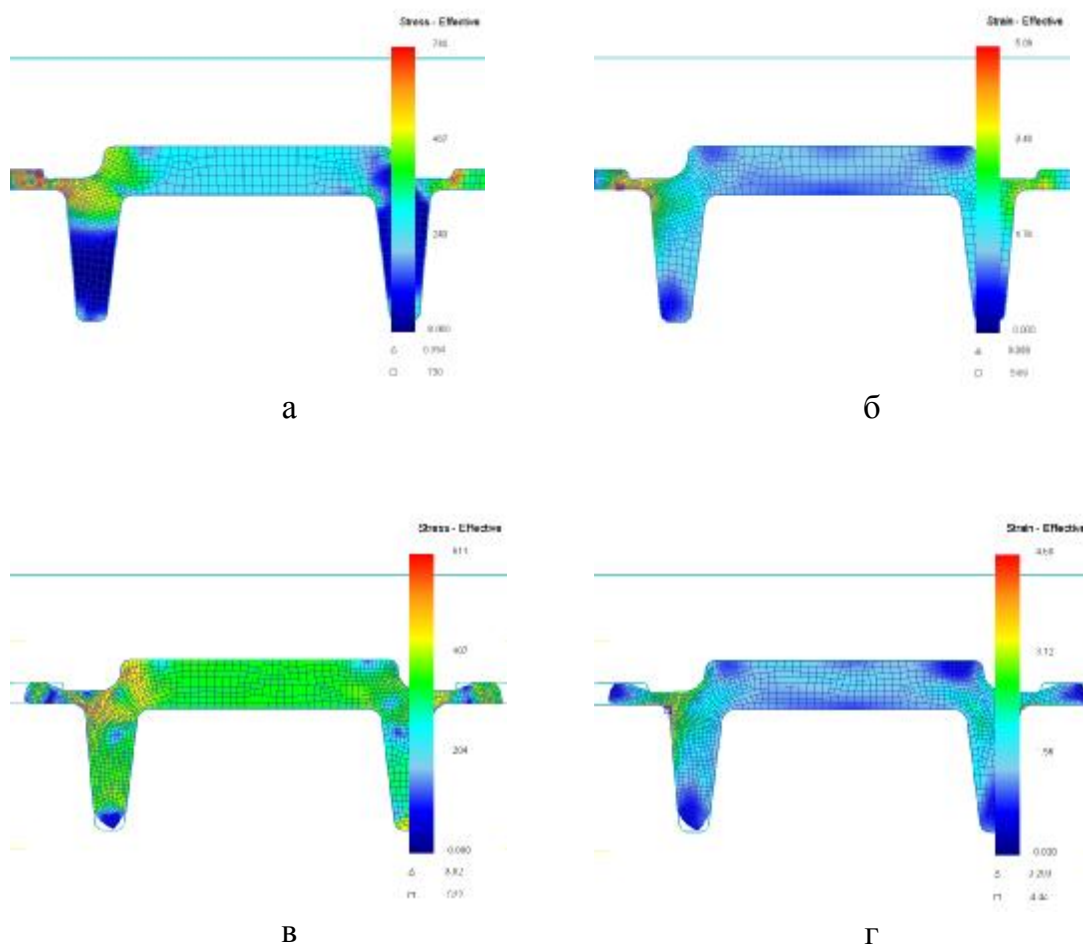


Рис. 6 - Распределение интенсивности напряжений (а,в) и деформаций (б,г) на окончательной стадии процесса при смещении заготовки: $d/a = \pm 0,018$ (а,б); $d/a = \pm 0,036$ (в,г)

Величина интенсивности напряжений при этом достигает 430...520 МПа при интенсивности деформаций 3,0...4,1. Такое распределение напряжений и деформаций может привести к короблению детали, также более интенсивному износу штампа в области перехода полотна в П-образный выступ и мостика облойной канавки. Таким образом использовать такую заготовку для дальнейшего деформирования возможно лишь с введением операции промежуточного отжига.

Анализ сложности изготовления и технологических ограничений на конструкцию поковки группы горячештампованных заготовок с тонкими полотнами большой площади и тонкими и высокими ребрами из титановых сплавов типа ВТ-20 позволил выявить параметры, влияющие на технологическую точность процесса штамповки и как следствие качество готового изделия (заготовки и готовой детали). К наиболее важным из этих параметров можно отнести технологические ограничения на форму и расположение элементов поковки (геометрические параметры полотен и ребер). Ниже представлены основные технологические ограничения на конструкцию поковки:

- чем больше площадь полотна S , тем больше должна быть и толщина полотна $h_{пол}$, т.е. технологичность при этом меньше;
- чем больше отношение длины к ширине полотна $a_{пол}/b_{пол}$, тем толщина полотна $h_{пол}$ может быть меньше;
- чем больше высота ребра h_p , тем больше должна быть его ширина b_p (в производственной практике принято $h_p/b_p = 6,5 \dots 10$);
- чем больше высота ребра h_p , тем больше должно быть минимальное расстояние между ребрами a_{min} , т.к. быстро изнашивается выступ штампа формирующий полотно (принято считать $a/h_p = 2 \dots 10$).

В результате выполненных экспериментального и компьютерного моделирования процесса штамповки установлена важность точности расположения заготовки в штампе, существенным образом влияющее на качество готовой продукции. Получены практические рекомендации по расположению заготовки в штампе – допустимое смещение заготовки по плоскости установки до $d/a = \pm 0,012$. Превышение приведенного допустимого значения приводит либо к появлению брака (недоштамповка ребер по высоте) либо к увеличению трудоемкости штамповки вследствие введения дополнительных технологических операций.

Список литературы: 1. Братухин А.Г. Современные технологии авиастроения / Под ред. А.Г. Братухина, Ю.Л. Иванова – М.: Машиностроение, 1999. – 832 с. 2. Савамура И. Пластическая обработка титановых сплавов / И. Савамура // Киндзоку. – 1983. – Т.53, №9. – С. 21-26. 3. Корнеев Н.И. Ковка и штамповка цветных сплавов: справочник / Н.И. Корнеев, В.М. Аржаков, Б.Г. Бармашенко и др. – М., «Машиностроение», 1971. – 232 с. 4. Маковецкий В.В. К расчету процессов получения заготовок на основе метода Треффца / В.В. Маковецкий, А.В. Маковецкий // Вісник донбаської державної машинобудівної академії: Зб. наук. праць. №2(4) – Краматорськ: ДДМА, 2006. – С. 132–137. 5. Авано Т. Моделирование процессов объемной штамповки / Т. Авано, А. Дано // Сосэй то како. – 1972. – Т. 13, №141. – С. 768–775. 6. Cook P.M. Models from plastic of materials / P. M. Cook // Metal Treatment & Drop Forging. – 1953. – Т. 20, №11. – р. 511. 7. Кирпичев М.В. Теория подобия / М.В. Кирпичев. – М.: Изд. АН СССР, 1953. – 94 с. 8. Полухин П.И. Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов. Справочник / П.И. Полухин, Г.Я. Гун, А.М. Галкин. – М.: Металлургия. 1983. – 352 с.

Поступила в редколлегию 25.12.2010

УДК 658.5.012.7

М.Е. ТАРАНЕНКО, докт. техн. наук, проф., НАКУ «ХАИ», г. Харьков
А.В. ДЕМЧЕНКО, аспирант, НАКУ «ХАИ», г. Харьков

НЕОБХОДИМОСТЬ ИНТЕРАКТИВНОГО КОНТРОЛЯ ПРИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОМ ЛОКАЛЬНОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

В статье обосновывается возможность сокращения на 70...75% трудоемкости и цикла штамповки крупногабаритных листовых деталей на электрогидравлических прессах. Такой результат достигается уменьшением времени на контроль формоизменения путем внедрения

интерактивного контроля процесса ЭГШ и послеоперационного контроля листоштампованной детали.

У статті обґрунтовується можливість скорочення на 70...75% трудомісткості та циклу штампування великогабаритних листових деталей на електрогідравлічних пресах. Такий результат досягається зменшенням часу на контроль формозміни шляхом впровадження інтерактивного контролю процесу ЕГШ та післяопераційного контролю листоштампованої деталі.

The ability of shortening on 70...75% of laboriousness and production cycle of large-dimensioned sheet metal electro hydraulic forming is described in this article. These results can be achieved with introduction of interactive control of electro hydraulic stamping and postoperative control of sheet-metal formed part.

Процессы последовательного локального деформирования крупногабаритных листовых деталей импульсным нагружением обладают рядом положительных свойств, определяемых технологической наследственностью, которые трудно или невозможно придать деталям при традиционных методах штамповки. Но они обладают и недостатками, к числу которых следует отнести относительно низкую производительность. В свою очередь она определяется необходимостью контроля за формоизменением заготовки.

Выбор параметров для контроля качества процесса формоизменения, в первую очередь, зависит от целей процесса придания заготовке тех или иных свойств. При штамповке крупногабаритных листовых деталей, помимо явной цели – получения заданной формы, можно рассматривать следующие цели:

- при необходимости получения минимального уровня остаточных напряжений возможен только косвенный контроль пока не установленных параметров;
- при преследовании цели получения задаваемого поля максимально упрочненных участков детали (для реализации безопасной конструкции) можно использовать методику замера твердости переносными твердомерами [4]. Но для этого необходима разборка установленной в прессе оснастки;
- при максимальной минимизации размеров заготовки или максимального использования запаса пластических свойств, а также деформировании деталей с равномерным утонением, можно использовать заранее отработанные схемы последовательности поля нагружения. При этом контролировать только соответствие заданных и фактически осуществляемых режимов.

Известно [2], что проще контролировать начальный процесс энерговыделения, регистрируя импульс тока и напряжения на отдельном электрическом контуре с помощью специальных датчиков и осциллографа. Зная допустимые параметры импульсов, можно судить о качестве выделения энергии на электродах, и, следовательно, о состоянии ЭС.

Для получения таких сложных свойств у изготавливаемых деталей необходимо контролировать функционирование всей технологической системы на всех этапах преобразований. Это общее правило в применении к штамповке крупногабаритных листовых деталей может быть интерпретировано в следующем виде:

- контроль процессов выделения энергии, во многом определяющийся состоянием элементов энерговыделяющей системы;
- входной контроль заготовок по материалу, состоянию поверхности и т.п.;
- контроль характера деформирования для получения заданных свойств или характеристик детали.

Для реализации качественного с минимальными ресурсозатратами контроля необходимо выбрать соответствующие способы контроля, контролируемые параметры, установить их точность и надежность. При таком выборе следует руководствоваться положением о том, что контроль на заключительных этапах преобразований заготовки в деталь экономически менее выгоден, чем контроль на начальных этапах преобразования.

В рассматриваемом приложении типичную фотографию технологического процесса электрогидравлической штамповки крупногабаритной листоштампованной детали с габаритными размерами 1000×1500 мм (табл. 1). Из анализа составляющих трудозатрат следует, что затраты времени непосредственно на контроль степени формоизменения затрачивается 6...12% времени цикла штамповки. Но вспомогательное время этой операции достигает 40% длительности техпроцесса.

С другой стороны, при листовой штамповке жестким носителем формы детали чаще всего является технологическая оснастка. Использование в этом случае современных координатно-измерительных машин экономически неоправданно, в том числе и потому, что требует съема детали с технологической оснастки. Поэтому, существует объективная потребность контроля формы непосредственно в оснастке, необходимо стремиться к минимизации времени такого контроля.

Косвенный контроль параметров процесса в отношении его трудоемкости предпочтителен, тем более известны его способы и методики проведения [2, 3].

Так в НАКУ «ХАИ» разработана методика параллельного ходу техпроцесса формообразования контроля процесса выделения энергии в межэлектродном пространстве при ЭГШ. Контроль производится практически в реальном времени и не удлиняет техпроцесс. Параметрами, выбранными для контроля являются:

- отношение падения напряжения на предразрядной стадии к зарядному напряжению: $\Delta U / U_0$;
- отношение длительности предразрядной стадии к характеристическому времени разрядного контура $t_{i\delta} / \sqrt{LC}$, где L и C – индуктивность и емкость разрядного контура.

Состав операций техпроцесса штамповки представлен в таблице 1.

Оба параметра характеризуют уровень потери энергии на предразрядной стадии и при установлении предельных значений могут служить контролируемыми параметрами. Например, экспериментально установленная зависимость $\Delta U / U_0 = 7 \cdot 10^{-5} \cdot N + 0,0607 (\pm 0,0067)$, где N – количество произведенных разрядов, с достаточной степенью адекватности описывает состояние электродной системы, которое может изменяться в неблагоприятную сторону вследствие разрушения, например, изоляции электродной системы.

Таблица 1 – Состав операций техпроцесса штамповки крупногабаритной детали (1000×1500 мм) сложной формы двойной кривизны

№	Операция	$t_{\text{отн}}, \%$
1.	Установка на матрицу подготовленной заготовки	1,06
2.	Установка на заготовку фигурных накладок и эластичного коврика	2,13
3.	Прижим комплекта оснастки к МРБ	1,06
4.	Заполнение водой разрядного (рабочего) объема	4,26
5.	Проверка готовности пресса к работе. Контроль включения блокировок	1,06
6.	Выполнение заданного количества разрядов	4,26
7.	Слив воды из рабочего объема	4,26
8.	Разборка комплекта оснастки	2,13
9.	Контроль степени формоизменения на определенных участках	6,38
10.	Правка образовавшихся складок	7,45
11.	Повторение операций 1...8	19,15
12.	Контроль формы и других заданных параметров	7,45
13.	Окончательная обрезка технологических припусков	8,51
14.	Повторение операций 1...8 для калибровки детали. Калибровка	19,15
15.	Повторение операций 7, 8 (иногда 10)	6,38
16.	Окончательный съем детали с оснастки. Зачистка заусенцев. Протирка	5,32

Увеличение значений второго параметра свидетельствует об увеличении межэлектродного расстояния (по разным причинам), повышенной искровой эрозии разрядных кромок электродов или «старений» воды. Это наглядно фиксируется кривыми нормального распределения параметра U и значением дисперсии этого распределения.

Следует подчеркнуть, что при косвенном контроле таких процессов желательно одновременно контролировать два-три разных параметра, т.к. это обеспечивает надежность процесса контроля и позволяет с высокой степенью точности определять причину нарушения режима выделения энергии.

Для контроля степени прилегания заготовки к матрице, т.е. заключительной стадии контроля, предложено использовать матрицу последнего перехода [1], в которой устанавливаются датчики, определяющие положение заготовки относительно поверхности матрицы.

Датчики, основанные на использовании методов пневмоники являются наиболее устойчивыми к работе в производственных условиях. Рекомендуемая схема использования воздушных датчиков для определения зазора между заготовкой и матрицей показана на рис. 2, где изображен дифференциальный (двухканальный) датчик. По наружным каналам подается

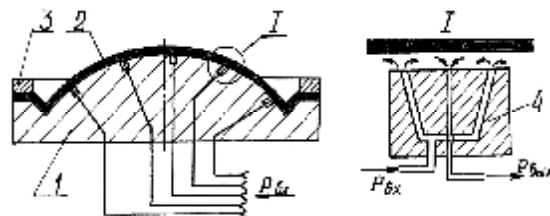


Рис. 2. Вариант расположения струйных датчиков для определения прилегания заготовки к матрице: 1 – матрица; 2 – заготовка; 3 – прижимное кольцо; 4 – корпус датчика; $P_{\text{вх}}$ – питающее давление; $P_{\text{изх}}$ – измеряемый параметр

питающий поток воздуха. На выходе из сопла воздушные струи отражаются от поверхности заготовки, давление в центральной зоне повышается по мере уменьшения зазора между заготовкой и матрицей. По мере изменения давления судят о расстоянии от заготовки до торца датчика. Зависимость выходного сигнала преобразователя обратно пропорциональна расстоянию в третьей степени.

Это позволяет достаточно точно определять зазоры, образующиеся при полном прилегании с диапазоном расстояний 0...10 мм и точностью 0,5...0,05 мм.

По данным измерения при превышении фактической величины зазора заданной, производится дополнительная калибровка детали. Трудоемкость такого контроля минимальна по сравнению с длительностью техпроцесса. Дополнительная операция калибровки позволяет исправить брак без затрат времени на вспомогательные операции.

Алгоритм действий, описанный в табл. 1 характерен для опытного или штучного производства и очень трудоемок и длителен при попытке внедрить его в поточные линии штамповки автокузовных панелей или других крупногабаритных листоштампованных деталей.

Введение интерактивного контроля качества процессов ЭГШ способно, при наличии отработанного технологического процесса, исключить такие повторяющиеся этапы, как 1–8 (табл.) на протяжении процесса штамповки. Зная качество энерговыделения на всех электродах многоэлектродного разрядного блока (МРБ), оператор может судить о протекании технологического процесса и своевременно вносить корректирующие воздействия.

Интерактивный контроль позволяет избавиться от ряда относительно трудоемких операций, таких как контроль формоизменения заготовки, который вызывает необходимость остановки штамповки. Если имеется готовый отработанный технологический процесс ЭГШ на конкретную деталь, то, согласно таблице, цикл штамповки может быть сокращен на 70...75%, и в итоге будет составлять около 25 минут.

Главным преимуществом схемы интерактивного контроля, базирующейся на измерении и оценке импульса напряжения является ее относительно малая трудоемкость и простота, а также возможность визуализации процесса штамповки при наличии математических моделей процесса.

Боле сложный и точный контроль формы детали требует более дорогой оснастки и некоторых затрат времени. Но позволяет с минимальной трудоемкостью исправлять брак процесса.

Таким образом, в результате проведенных исследований предложена схема контроля процесса ЭГШ крупногабаритных листовых деталей, основывающаяся на сочетании методов интерактивного и послеоперационного контроля. При отработанном технологическом процессе это может сократить трудоемкость техпроцесса штамповки на 70...75%, что является весьма значительным.

Список литературы: 1. Тараненко М.Е. Параметры и методы контроля процессов ЭГШ крупногабаритных листовых деталей / М.Е. Тараненко // Кузнечно-штамповочное производство. – 1997. – № 6. – С. 20–23. 2. Тараненко М.Е. Возможности интерактивного контроля

процесса ЭГШ крупногабаритных деталей / М.Е. Тараненко, А.В. Демченко, Т.В. Гарибова // Сборник научных трудов ХАИ «Вопросы проектирования и производства конструкции летательных аппаратов». – 2010. – Вып. 2 (62). – С.58-62. 3. Батыгин Ю.В. Численная обработка результатов измерения импульсных токов поясом Роговского / Ю.В. Батыгин, Г.С. Сериков, Е.А. Чаплыгин // Сб. научн. трудов «Автомобильный транспорт». ХНАДУ – 2009. – Вып. 25. – С. 194-198. 4. Огородніков В.А. Керування технологічною спадковістю при листовому штампуванні з метою підвищення безпеки контрукцій / В.А. Огородніков, В.Є. Перлов, С.В. Войтків // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія Машинобудування №60. – С. 133-137.

Поступила в редколлегию 19.01.2011

УДК 621.983.3.044.002

М.Е. ТАРАНЕНКО, докт. техн. наук, проф., НАКУ «ХАИ», г. Харьков

ВЛИЯНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕМ НАГРУЖЕНИЯ ПРИ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ШТАМПОВКЕ НА ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ

Кратко описаны возможности влияния управления полем нагружения заготовки при последовательном локальном электрогидравлическом деформировании на технологическую наследственность листовых деталей.

Коротко описані можливості впливу управління полем навантаження заготовки при послідовному локальному електрогидравлічному деформуванні на технологічну спадковість листових деталей.

Briefly describes the ability to influence management field loading blanks for local electro hydraulic sequential deformation on technological heredity sheet metal parts.

Исследования проведенные за последнее десятилетие позволили уточнить положительное влияние управления полем нагружения, а, следовательно, топографией полей остаточных напряжений и накопленных деформаций, которые в большой степени определяют качество крупногабаритных листовых деталей. Здесь качество продукции рассматривается как сложное свойство отштампованных деталей, в том числе включающее, высокую точность деталей с низким уровнем остаточных напряжений, высокие параметры технологической наследственности, рассматриваемые с точки зрения безопасности эксплуатации конструкции, а также гибкость процесса, позволяющую расширить диапазоны параметров технологичности конструкции детали.

В работах [1,2] описаны результаты разработки и создания многоконтурного ЭГ-пресса ПЭГ-ХАИ-500, с запасаемой энергией до 500 кДж, которые определяют возможность изготовления крупногабаритных кузовных деталей микроавтобусов и легковых автомобилей. Отштампованные детали из сталей 08кп и 08Ю имеют точность, соответствующую точности формозадающей оснастки и несклонны к короблению или поводкам. Эффект проявляется наиболее полно при определенном режиме многоимпульсного нагружения. При формообразовании детали за один импульс нагружения его проявление

малозаметно. При формообразовании несколькими десятками импульсов начинает проявляться наклеп поверхности детали, прилегающей к поверхности матрицы. Это наиболее заметно при значительном недостатке выделяемой в одном импульсе энергии, по сравнению с потребными работой деформирования или развиваемого давления.

Исследования, проведенные в Институте импульсных процессов и технологий (г. Николаев) [3,4], показали наличие эффекта релаксации остаточных напряжений под действием ЭГ-нагружения конструкционных алюминиевых сплавов и углеродистых сталей. При приложении серии ЭГ-импульсов повышаются пластические свойства штампуемого материала, релаксируют остаточные напряжения, образовавшиеся после сварки.

Подобный эффект был отмечен ранее авторами работы [5]. Они предлагали использовать ЭГ-нагружение для правки нежестких деталей.

Косенковым В.М. и соавторами в работе [6] установлен обобщенный энергетический критерий, позволяющий определить необходимые уровни импульсно-статического нагружения натуральных деталей, при которых воспроизводятся условия эффективной релаксации остаточных напряжений.

Такие условия импульсного нагружения достаточно просто технологически реализуются при последовательной ЭГШ на многоконтурном ЭГ-прессе ПЭГ-ХАИ-500 разных типов листовых деталей. Отработаны техпроцессы штамповки днищ, коробчатых деталей, полуторов, полупатрубков, панелей жесткости, ряда автокузовных деталей для разнообразной автотехники.

Установлено, что используя управление нагружения в пространстве и во времени можно получить тонколистовые днища с отношением диаметра детали к ее толщине более 900 и коэффициентом вытяжки до 1,52 или днища диаметром 900 мм с отклонением вогнутой поверхности от поверхности матрицы до 0,03 мм в центре и 0,05 мм по периферии, т.е. очень высокие показатели точности. Такие параметры задаются при изготовлении зеркал антенн космической связи.

Разработана технология изготовления торообразных сосудов и торообразных элементов систем пневмотранспорта сыпучих продуктов. Основными элементами таких изделий являются полуторы, штампуемые из плоских кольцевых заготовок. Изготовление подобных деталей с диапазонами диаметров направляющих окружностей 400...900 мм, диаметрами образующих окружностей 50...100 мм и толщинами стенки 0,8...2,0 мм другими методами формообразования затруднено или менее эффективно.

Для ряда типоразмеров низких коробчатых деталей получены количественные оценки сложности их изготовления в зависимости от размеров в плане, глубины, а также радиусов сочленения бортов, бортов и стенки. Это позволяет автоматизировать процессы отработки деталей на технологичность.

Для ряда типоразмеров панелей жесткости получены количественные критерии их технологичности и отработан ряд технологических приемов, позволяющих реализовывать топографически разнообразные поля деформаций утонения по поверхности и детали.

Основываясь на результатах технологических экспериментов по штамповке крыш городских автобусов д.т.н., проф. В.А. Огородников с соавторами [7]

установил, что на распределение микротвердости по поверхности отштампованной ЭГ-деформированием крыши автобуса существенным образом влияет последовательность и поле приложения нагрузки. Этим можно добиться упрочнения определенных мест кузова транспортного средства, что благоприятно с точки зрения безопасности водителя и пассажиров. Такая концепция изготовления безопасных автомобилей в последнее время интенсивно развивается, а технология ЭГ-штамповки автокузовных деталей последовательным локальным нагружением может стать полезной.

Оценивая в целом результаты технико-экономической эффективности отработанных техпроцессов можно заключить, что, в использованном виде, они могут быть эффективно применимы в мелкосерийном производстве. Но имеются обоснованные предпосылки возможности построения техпроцессов для серийного производства.

Вторым выводом из исследований процессов является установленная возможность проявления новых полезных свойств качества процесса штамповки.

Список литературы: 1. Тараненко М.Е. Влияние управления полем нагружения на расширение технологических возможностей электрогидравлической листовой штамповки. Вестник Харьк. гос. политехн. ун-та. Выпуск 76 – Харьков, 1999, с.23-27. 2. Тараненко М.Е. Электрогидравлическая штамповка крупногабаритных листовых деталей. Вестник Харьк. гос. политехн. ун-та. Выпуск 76 – Харьков, 1999, с.28-31. 3. Старков Н.В., Косенков В.М., Аврамец Д.Р., Гусев А.А. Импульсно-статическая калибровка крупногабаритных деталей. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. М.: 2008, №5, с. 16-20. 4. Старков Н.В., Косенков В.М., Аврамец Д.Р. Экспериментальное исследование пластичности конструкционных алюминиевых сплавов при импульсном электрогидравлическом нагружении. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. М.: 2008, №5, с. 3-7. 5. Мерин Б.В., Корнет И.Ф., Савулькин Д.Е. Эффективность ЭГ-правки нежестких деталей при различных условиях нагружения. М.: Кузнечно-штамповочное производство, 1990, №10, с.13-15. 6. Косенков В.М., Старков Н.В., Аврамец Д.Р. Подобие процессов релаксации напряжений в конструкционных материалах при импульсно-статическом нагружении. \ Сб. научн. трудов «Динамическая прочность материалов». Киев, 2008, с. 409-413. 7. Огородніков В.А., Перлов В.Е., Войтків С.В. Керування технологічною спадковістю при листовому штампуванні з метою підвищення безпеки конструкцій. Вісник нац. техн. ун-ту України «КПІ». Сер. Машинобудування. Вид-во Київ, 2010, с. 133-137.

Поступила в редколлегию 19.01.2011

УДК 539.3: 514.862

В.В. ПЛЕТИН, научный сотрудник, ТД Днепропетровского завода сварочных материалов

ВЫБОР МЕТОДИКИ РАСЧЕТА ОВАЛЬНО-КОНИЧЕСКОЙ ОБОЛОЧКИ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СХЕМЫ ЕЕ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ

Показано, что использование ортогональной системы координат при расчете овально-конической оболочки с плоским торцом приводит к неоднородной задаче для неканонической области с периодически возмущенной границей.

Ключевые слова: овально-коническая оболочка, система координат, возмущение границы.

Показано, що використання ортогональної системи координат при розрахунку овально-конічної оболонки з плоским торцем призводить до неоднорідної задачі для неканонічної області з періодично обуреною границею.

Ключові слова: овально-конічна оболонка, система координат, обурення границі.

It is shown that the use of an orthogonal coordinate system when calculating the oval-conic shell with a flat end leads to an inhomogeneous problem for the no canonical region with periodically perturbed boundary.

Key words: oval-conical shell, coordinate system, perturbation of boundary.

Введение

Наиболее широким классом оболочек, используемых в машиностроении и строительстве, является класс оболочек нулевой гауссовой кривизны. Это оболочки, срединная поверхность которых является развертывающейся [1]. К этому классу относятся практически все оболочки, изготавливаемые из листовых материалов путем соединения панелей или обечаек.

Значительное влияние на уровень несущей способности цилиндрических и близких к ним по форме оболочек оказывает неравномерность осевых сжимающих усилий, вызванная конусностью оболочки и овальностью ее торцов. Напряженно-деформированное состояние в этом случае является неоднородным, существенно моментным и нелинейным [2]. Учет неоднородности и геометрической нелинейности приводит к усложнению математической модели объекта и увеличению трудностей, связанных с решением поставленной задачи. Таким образом, построение новых математических моделей деформирования тонкостенных оболочек с развертывающейся срединной поверхностью, позволяющих выявить особенности их деформирования и потери устойчивости, а также разработка методов их исследования является актуальной задачей.

Анализ методов параметризации овально-конических оболочек

Существенная сложность описания поведения оболочек с развертывающейся срединной поверхностью возникает уже на этапе описания геометрии их срединной поверхности. Если овальность торцов неодинакова, то срединная поверхность отличается от цилиндра и конуса. При этом отсутствует единая точка пересечения образующих и оси оболочки, традиционно принимавшаяся в качестве начала отсчета для собственно конических оболочек. Введение координат на такой поверхности возможно несколькими методами, главными из которых являются два следующих.

Согласно первому методу вводится параметризация, координатные линии которой не совпадают с линиями главных кривизн срединной поверхности. Такой подход при изучении овальных конусов продемонстрирован в работах Алмроса, Брэгана и Марлоу [3]. Они использовали аффинную систему координат – расстояние от вершины конуса по образующей и размер дуги поперечного сечения. Это позволило задавать граничные условия в традиционной форме. Полученные же при этом уравнения нелинейной теории являются усложненными, не могут быть упрощены и решаются, главным образом, численно. Аналогичный поход для произвольной системы цилиндрических координат, не совпадающих с параметризацией по линиям главных кривизн, использовался в работе Мелбина и Нурдерграафа [4] при рассмотрении овальных

слабо конических оболочек, имитирующих работу кровеносных сосудов. При этом конусность принималась меньшей $0,1$ радиана (до 6°).

Применение второго метода связано с теоремой, приведенной, например, в работе Воровича [1] о наличии такой параметризации уравнений для оболочек нулевой гауссовой кривизны, при которой один из коэффициентов Ламе срединной поверхности равен единице, а соответствующая главная кривизна – нулю. Использование такой системы координат сильно упрощает рассматриваемые зависимости, особенно если система ортогональна, т. е. ее координатные линии совпадают с линиями главных кривизн срединной поверхности оболочки. Это позволяет использовать аналитические методы решения задачи и проанализировать взаимодействие параметров. Задание граничных условий требует в этом случае пристального внимания для сохранения соответствия с их естественным видом. Для конусов произвольного поперечного сечения такой подход продемонстрирован в работе Агеносова и Саченкова [5]. При этом первая квадратичная форма поверхности задавалась априорно в ортогональном виде, что для произвольного поперечного сечения в общем случае требует отдельной проверки. Для оболочек, отличных от конических и цилиндрических, решения в такой системе координат в литературе отсутствуют. Вместе с тем, использование таких конструкций в расчетной практике расширяется – разработаны алгоритмы трехмерной аппроксимации произвольных поверхностей сплайнами с разворачивающейся срединной поверхностью [6]. Рассмотрим один из вариантов такой параметризации, удобный для расчета оболочек нулевой кривизны с конусностью и различной овальностью торцов.

Применение обоснованной методики расчета

Рассмотрим деформирование тонкой упругой оболочки нулевой гауссовой кривизны постоянной толщины h , изготовленной из упругого изотропного материала (рис. 1).

Введем на поверхности оболочки S криволинейный ортогональный базис с осями x, y, z . При этом координатные линии x, y совпадают с линиями главной кривизны поверхности, ось z нормальна к ней. Свяжем координатное направление оси x с линией главной нулевой кривизны. Ограничимся случаем малых по сравнению с единицей деформаций, конечных перемещений, конечных, но умеренных углов поворота нормали. Примем также кинематическую гипотезу Кирхгофа о плоских сечениях. Тогда деформации ε_{ij} и изменения кривизны k_{ij} срединной поверхности будут выражаться через перемещения по направлению введенных осей u, v, w следующим образом [1]:

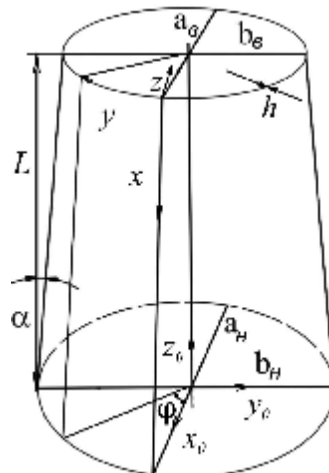


Рис. 1. Расчетная схема оболочки нулевой гауссовой кривизны с овальными торцами и конусностью

$$\begin{aligned}
e_{11} &= u_{,x} + \frac{1}{2} \left(w_{,x}^2 + \frac{1}{4A_2^2} \left((A_2 v)_{,x} - u_{,y} \right)^2 \right), \\
e_{22} &= \frac{v_{,y}}{A_2} + \frac{A_{2,x}}{A_2} u + \frac{w}{R} + \frac{1}{2} \left(\left(-\frac{w_{,y}}{A_2} + \frac{v}{R} \right)^2 + \frac{1}{4A_2^2} \left((A_2 v)_{,x} - u_{,y} \right)^2 \right), \\
e_{12} &= e_{21} = \frac{1}{2} \left[v_{,x} + \frac{u_{,y}}{A_2} - \frac{A_{2,x}}{A_2} v - w_{,x} \left(-\frac{w_{,y}}{A_2} + \frac{v}{R} \right) \right], \\
k_{11} &= -w_{,xx}, \quad k_{22} = \frac{1}{A_2} \left(-\frac{w_{,y}}{A_2} + \frac{v}{R} \right)_{,y} - \frac{A_{2,x}}{A_2} w_{,x}, \\
k_{12} &= k_{21} = \frac{1}{2} \left[\left(-\frac{w_{,y}}{A_2} + \frac{v}{R} \right)_{,x} - \frac{w_{,xy}}{A_2} - \frac{A_{2,x}}{A_2} \left(-\frac{w_{,y}}{A_2} + \frac{v}{R} \right) + \frac{(A_2 v)_{,x} - u_{,y}}{2A_2 R} \right]
\end{aligned} \tag{1}$$

где R - радиус кривизны недеформированной срединной поверхности в направлении координатной линии переменной y и перемещения v ; $R = R(x, y)$; A_1, A_2 - параметры Ламе срединной поверхности, соответствующие координатам x, y ; для оболочек с развешивающейся поверхностью $A_1 \equiv 1$; $\frac{d}{dx} = ()_{,x}$; $\frac{d}{dy} = ()_{,y}$.

Для упругого изотропного тела связи приведенных по толщине оболочки усилий T_{ij} , моментов M_{ij} и деформаций имеют вид

$$\begin{aligned}
T_{11} &= \frac{Eh}{1-m^2} (e_{11} + m e_{22}), \quad T_{22} = \frac{Eh}{1-m^2} (e_{22} + m e_{11}), \quad T_{12} = \frac{Eh}{1+m} e_{12}, \\
M_{11} &= \frac{Eh^3}{12(1-m^2)} (k_{11} + m k_{22}), \quad M_{22} = \frac{Eh^3}{12(1-m^2)} (k_{22} + m k_{11}), \\
M_{12} &= \frac{Eh^3}{12(1+m)} k_{12},
\end{aligned} \tag{2}$$

где E - модуль упругости материала; m - коэффициент поперечной деформации.

При рассмотрении задачи в смешанной постановке вводится функция напряжений F так, что

$$T_{11} = \frac{1}{A_2} \left[\left(\frac{F_{,y}}{A_2} \right)_{,y} + A_{2,x} F_{,x} \right], \quad T_{22} = F_{,xx}, \quad T_{12} = \frac{1}{A_2} \left[\left(\frac{F_{,x}}{A_2} \right)_{,y} + \frac{A_{2,x}}{A_2} F_{,x} \right]. \tag{3}$$

Если пренебречь влиянием тангенциальных перемещений u, v на углы поворота нормали в точке, что соответствует теории пологих оболочек [1], то уравнения (1) упростятся следующим образом

$$e_{11} = u_{,x} + \frac{1}{2} w_{,x}^2, \quad e_{22} = \frac{v_{,y}}{A_2} + \frac{A_{2,x}}{A_2} u + \frac{w}{R} + \frac{1}{2} \left(\frac{w_{,y}}{A_2} \right)^2,$$

$$e_{12} = e_{21} = \frac{1}{2A_2} [A_2 v_{,x} + u_{,y} - A_{2,x} v + w_{,x} w_{,y}], \quad (4)$$

$$k_{11} = -w_{,xx}, \quad k_{22} = \frac{1}{A_2} \left(-\frac{w_{,y}}{A_2} \right)_{,y} - \frac{A_{2,x}}{A_2} w_{,x},$$

$$k_{12} = k_{21} = \frac{1}{2} \left[\left(-\frac{w_{,y}}{A_2} \right)_{,x} - \frac{w_{,xy}}{A_2} + \frac{A_{2,x}}{A_2^2} w_{,y} \right].$$

Кроме того, из уравнений Гаусса – Кодаци получим $A_{2,xx} = 0$.

Для декартовой прямоугольной системы координат, связанной с осью оболочки и главными осями эллипсов оснований, описываемых уравнениями

$$\begin{aligned} x_0 &= a_\epsilon \cos t_\epsilon, & y_0 &= b_\epsilon \sin t_\epsilon, & z_0 &= L, \\ x_0 &= a_n \cos t_n, & y_0 &= b_n \sin t_n, & z_0 &= 0, \end{aligned} \quad (5)$$

введем следующую параметризацию уравнений срединной поверхности

$$\begin{aligned} x_0 &= R \cos j, & y_0 &= R \sin j, \\ z_0 &= \frac{LR_n}{R_n - R_\epsilon} - x \frac{L}{\sqrt{L^2 + (R_n - R_\epsilon)^2}}, \\ x &= \frac{R_\epsilon \sqrt{L^2 + (R_n - R_\epsilon)^2}}{R_n - R_\epsilon} + s, \end{aligned} \quad (6)$$

где x - расстояние от точки поверхности оболочки до точки пересечения образующей с осью, s - расстояние от точки поверхности оболочки до точки пересечения образующей с верхним торцом, $R = x \frac{R_n - R_\epsilon}{\sqrt{L^2 + (R_n - R_\epsilon)^2}}$ - расстояние

от точки поверхности до оси оболочки, $R_\epsilon = \sqrt{a_\epsilon^2 \cos^2 t_\epsilon + b_\epsilon^2 \sin^2 t_\epsilon}$, $R_n = \sqrt{a_n^2 \cos^2 t_n + b_n^2 \sin^2 t_n}$ - расстояния от соответственно верхнего и нижнего концов образующей, проходящей через точку поверхности, до оси оболочки, $t_n = \arctg\left(\frac{a_n}{b_n} \operatorname{tg} j\right)$, $t_\epsilon = \arctg\left(\frac{a_\epsilon}{b_\epsilon} \operatorname{tg} j\right)$ - значения параметров эллипсов соответственно верхнего и нижнего оснований оболочки.

Коэффициенты Ламе в этом случае выражаются следующим образом:

$A_1 = 1$, $A_2 = x \sin a$. Такая система координат является условно ортогональной в пределах допусков принятых в теории пологих оболочек. При этом координатные линии являются криволинейными и не совпадают с границей оболочки.

Таким образом, плоская граница слабо отличается от расположения координатных линий $x = \text{const}$ и имеет периодическое возмущение при указанной параметризации. В связи с этим расчет рассматриваемой конструкции должен производиться по схеме расчета оболочки с неплоским периодически возмущенным краем, аналогичной рассмотренной в [7]. Эта задача относится к классу задач для неканонических областей. Подтверждением совпадения

характера деформирования продольно сжатой овально-конической оболочки с плоским торцом с периодически возмущенной цилиндрической оболочкой является близость картины распределения интерференционных полос на голографических интерферограммах для соответствующих образцов, приведенные в [2, 7].

Выводы

Проведенный анализ способов параметризации поверхности показывает, что использование ортогональной системы координат при расчете овально-конической оболочки с плоским торцом приводит к неоднородной задаче для периодически возмущенной границы. Это требует применения методов расчета, разработанных для неканонических областей.

Список литературы: 1. Ворович, И. И. Математические проблемы нелинейной теории пологих оболочек [Текст]: монография / И. И. Ворович – М.: Наука, 1989. – 166 с. 2. Мильцын, А.М. Экспериментальные исследования деформирования и устойчивости оболочек нулевой гауссовой кривизны [Текст] / А. М. Мильцын, В. И. Олевский, Ю. Б.Олевская, В. В. Плетин // Східно - Європейський журнал передових технологій. – Харьков, 2010. – №2/5(44) – С. 42-49. 3. Almroth, B. O. Collapse analysis of elliptic cones [Текст] / B. O. Almroth, F. A. Brogan,; M. B. Marlowe // AIAA Journal . – 1971. – V 9. – № 1. – P. 32-37. 4. Melbin, J. Elastic deformation in orthotropic oval vessels: a mathematical model [Текст] / J. Melbin, A. Noordergraaf // Bulletin of mathematical biophysics. – 1971. – V. 33.– P. 497–519. 5. Агеносов, Л. Г. Свободные колебания и устойчивость конических оболочек произвольного поперечного сечения [Текст] / Л. Г. Агеносов, А. В. Саченков // Исследования по теории пластин и оболочек. – Казань: Изд-во Казанского ун-та, 1966. –№ 4. – С. 342-355. 6. Chen, H.-Y. On Surface Approximation Using Developable Surfaces [Текст] / H.-Y. Chen, I.-K. Lee, S. Leopoldseder, H. Pottmann, T. Randrup and J. Wallner // Graphical Models and Image Processing. – 1999. – V 61. – № 2. – P. 110-124. 7. Моссаковский, В. И. Нелинейное деформирование и устойчивость технологически несовершенных цилиндрических оболочек при неоднородном напряженном состоянии [Текст] / В. И. Моссаковский, А. М. Мильцын, В. И. Олевский // Проблемы прочности. - 1990. - № 12-. С.28-32.

Поступила в редколлегию 23.01.2011

УДК 612.9-621.98

А.А. ДУДНИКОВ, канд. техн. наук, профессор, Полтавская государственная аграрная академия

А.И. БЕЛОВОД, канд. техн. наук, доцент, Полтавская государственная аграрная академия

А.В. КАНИВЕЦ, ассист., Полтавская государственная аграрная академия

В.В. ДУДНИК, ассист., Полтавская государственная аграрная академия

ВЛИЯНИЕ ВИДА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ МАТЕРИАЛА

Рассмотрены вопросы обработки деталей на напряженное состояние. Намечены основные направления развития энергосберегающих технологий в сельскохозяйственном производстве на современном этапе.

Ключевые слова: надёжность, вид обработки, напряженное состояние, ремонт, технология восстановления

Розглянуті питання економічних відношень в агропромисловому комплексі. Намічені основні напрямки розвитку енергозберігаючих технологій в сільськогосподарському виробництві на теперішньому етапі.

Ключові слова: агропромисловий комплекс, сучасні технології, енергозберігаючі технології

The Considered questions of the economic relations in agrarian-industrial complex. The Intended main trends of the development energysaving technology in agricultural production on modern stage.

Keywords: agrarian-industrial complex, modern technologies, energysaving technologies.

1. Введение

Одной из основных проблем как в машиностроении, так и в ремонтном производстве является проблема надёжности. Решение проблемы надёжности машин – огромный резерв повышения эффективности производства, снижения затрат на их эксплуатацию.

За весь период эксплуатации затраты на ремонт и техническое обслуживание машин в связи с износом их деталей и сборочных единиц в несколько раз превышают стоимость новой машины. Например, для автомобилей – до 6 раз, для станков – до 8 раз, тракторов – до 5 раз.

2. Постановка проблемы.

При эксплуатации любого изделия реализуется его надёжность. При этом показатели безотказности и долговечности зависят не только от методов и условий эксплуатации, но и от принятой системы ремонта.

Данные ремонтных предприятий показывают, что ежегодно в утиль попадает значительное количество дорогостоящих материалов. Поэтому восстановление изношенных деталей – основной путь снижения денежных затрат и материальных ресурсов [1].

Проблемность обусловлена необходимостью выбора более эффективного метода восстановления и упрочнения изношенных деталей, а также разработки и применения технологических процессов их восстановления.

3. Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме.

Как показывает анализ существующих технологий восстановления деталей сельскохозяйственной техники, применение пластического деформирования позволяет повысить прочность и износостойкость деталей в несколько раз. К числу перспективных, но недостаточно изученных методов повышения долговечности и износостойкости деталей можно отнести метод вибрационной обработки. Поэтому поставленная цель предусматривала проведение исследований напряженного состояния материала деталей, в том числе и поршневых пальцев двигателей сельскохозяйственной техники, в результате деформирования, а также выявление основных режимов технологического процесса восстановления.

4. Результаты исследований.

Теоретический анализ напряженного состояния восстановленных и новых пальцев при работе двигателей проводился на основе расчёта напряжений, вызванных действием внешних воздействий с последующим сравнением эпюр напряжений и эпюр остаточных напряжений.

В основу расчёта тангенциальных напряжений была положена методика

проф. Р.С. Кинашвили [2], согласно которой нагрузка по длине пальца

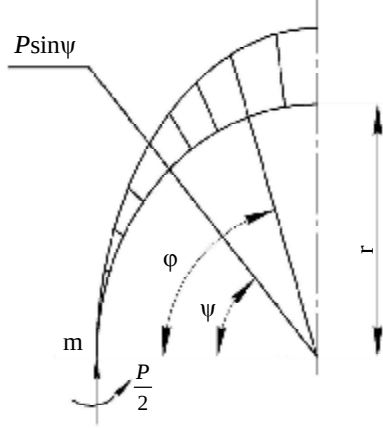


Рис. 1. Схема действия силы P и момента M в верхнем сечении

распределяется равномерно, а по окружности – по закону синусоиды. Поэтому можно рассматривать одну его четверть и считать верхнее сечение заделанным (рис.1).

Тогда тангенциальные напряжения в выделенном элементе сечения могут быть определены по зависимостям:

$$\sigma_{II\varphi} = \left[2\mu_{\varphi} \frac{6r+h}{h(2r+h)} + N_{\varphi} \right] \frac{1}{lh}, \quad (1)$$

$$\sigma_{I\varphi} = \left[-2M_{\varphi} \frac{6r-h}{h(2r-h)} + N_{\varphi} \right] \frac{1}{lh}, \quad (2)$$

где $\sigma_{II\varphi}$ и $\sigma_{I\varphi}$ - тангенциальные напряжения на внешней и на внутренней поверхности поршневого пальца; M_{φ} - текущий изгибающий момент в расчётном сечении поршневого пальца; N_{φ} - нормальная сила в площадке, наклонённой под углом φ - к диаметру в расчетном сечении; r - средний радиус поршневого пальца; h и l - соответственно толщина стенки и длина поршневого пальца.

Текущий изгибающий момент в расчётном сечении может быть определён:

$$M_{\varphi} = m - \frac{P}{2}(1 - \cos \varphi)r + \int_0^{\varphi} p \sin \psi \sin(\varphi - \psi)r^2 d\psi, \quad (3)$$

где m - неизвестный момент в горизонтальном сечении; P - максимальное удельное давление, которое может быть определено из условия равновесия:

$$\frac{P}{2} = \int_0^{\frac{\pi}{2}} P \sin \psi \sin \psi r d\psi. \quad (4)$$

После интегрирования данного выражения получаем:

$$p = \frac{2P}{\pi r}. \quad (5)$$

Подставляя значения p в уравнение (3), находим:

$$M_{\varphi} = m - P \frac{r}{2} \left(1 - \cos \varphi - \frac{2}{\pi} \sin \varphi + \frac{2}{\pi} \varphi \cos \varphi \right). \quad (6)$$

Момент m в горизонтальном сечении может быть определён из условия, что горизонтальное сечение не поворачивается. На основании теоремы о наименьшей работе [3] в этом сечении частная производная потенциальной энергии U по моменту m должна равняться нулю, т.е:

$$\frac{\partial U}{\partial m} = 0. \quad (7)$$

В данном случае выражение потенциальной энергии может быть

представлено в следующем виде:

$$U = \int_0^{\frac{\pi}{2}} \frac{M_{\varphi}^2 r d\varphi}{2E}, \quad (8)$$

где E - модуль упругости материала зоны упругой деформации поршневого пальца.

Подставляя это значение в уравнение (7), имеем:

$$\int_0^{\frac{\pi}{2}} M_{\varphi} \frac{\ddot{a}M_{\varphi}}{\ddot{a}m} d\varphi = 0. \quad (9)$$

После совместного решения уравнений (9) и (6), интегрирования и ряда преобразований получаем значение момента m в горизонтальном сечении:

$$m = Pr \left(\frac{1}{2} - \frac{4}{\pi^2} \right) \quad (10)$$

Отсюда

$$M_{\varphi} = Pr \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{1}{\pi} \sin \varphi - \frac{1}{\pi} \varphi \cos \varphi - \frac{4}{\pi^2} \right) \quad (11)$$

Установлено, что распределение нагрузки по окружности поршневого пальца несколько отличается от синусоидального закона на величину поправочного коэффициента K :

$$K = 1,5 \left[1 - (\beta - 0,4)^3 \right], \quad (12)$$

где β - отношение внутреннего радиуса поршневого пальца к его наружному радиусу.

Тогда уравнение (11) примет вид:

$$M_{\varphi} = PrK \left(\frac{P}{2} \cos \varphi + \int_0^{\varphi} p \sin \psi \sin (\varphi - \psi) r d\psi \right). \quad (13)$$

Нормальная сила N_{φ} определяется по следующей формуле:

$$N_{\varphi} = -K \left(\frac{P}{2} \cos \varphi + \int_0^{\varphi} p \sin \psi \sin (\varphi - \psi) r d\psi \right). \quad (14)$$

Знак минус в данном выражении указывает, что сила N_{φ} является сжимающей.

После интегрирования второго члена уравнения (14) и постановки значения p из уравнения (5), получаем:

$$N_{\varphi} = -KP \left(\frac{1}{2} \cos \varphi + \frac{1}{4} \sin \varphi - \frac{1}{4} \varphi \cos \varphi \right). \quad (15)$$

5. Выводы:

1. Полученные математические зависимости могут быть использованы для анализа напряжённого состояния восстановленных поршневых пальцев в процессе работы двигателя.

2. Данные анализа позволяют судить о долговечности и надёжности

восстановленных поршневых пальцев методом вибрационного деформирования.

Список литературы: 1. Бабичев А.П. Вибрационная обработка деталей./ А.П. Бабичев– М.: Машиностроение, 1974. – 136с. 2. Канасошвили Р.С. Расчёт поршневого пальца авиационного двигателя/ Р.С. Канасошвили – М.: Оборонгиз, 1977. – 148с. 3. Полупанов Ф.П. Упруго–пластическое деформирование поршневых пальцев автотракторных двигателей./ Ф.П. Полупанов – М.: Машиностроение, 1992. – 375с.

Поступила в редколлегию 24.01.2011

УДК 612.9

А.А. ДУДНИКОВ, канд. техн. наук, профессор, Полтавская государственная аграрная академия

А.И. БЕЛОВОД, канд. техн. наук, доцент, Полтавская государственная аграрная академия

А.В. КАНИВЕЦ, ассист., Полтавская государственная аграрная академия

В.В. ДУДНИК, ассист., Полтавская государственная аграрная академия

ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛА ДЕТАЛЕЙ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ МЕТОДЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Рассмотрены вопросы пластического деформирования материала деталей при различных способах их восстановления. Установлено, что при вибрационном методе обработки коэффициент трения снижается, что способствует повышению упрочнения восстанавливаемой поверхности. Получены теоретические зависимости характера упрочнения металла деталей.

Ключевые слова: пластическое деформирование, вибрационная обработка, контактное трение, механические колебания, ресурс машин.

Розглянуті питання пластичного деформування матеріала деталей при різних способах їх відновлення. Встановлено, що при вібраційному способі обробки коефіцієнт тертя знижується, що веде до підвищення зміцнення відновлюваної поверхні. Отримані теоретичні залежності характеру зміцнення металу деталей.

Ключові слова: пластичне деформування, вібраційна обробка, контактне тертя, механічні коливання, ресурс машин.

The Considered questions plastic deforming material of the details under different way of their reconstruction. It is installed that under vibratory method of the processing factor friction falls that promotes increasing toughness restored to surfaces. Theoretical dependencies of the nature of toughness metal of the details are received.

Keywords: plastic deforming, vibratory processing, contact friction, mechanical fluctuations, resource of the machines.

1. Введение

Оснащение сельскохозяйственного производства Украины производительной техникой требует дальнейшего совершенствования ремонта машин и восстановления деталей. Применение новых технологий, материалов способствуют повышению надежности сельскохозяйственных машин и агрегатов.

Недостаточная надежность сельскохозяйственной техники вызывает значительный расход запасных частей, что, в свою очередь, повышает затраты на их эксплуатацию и восстановление [1].

2. Постановка проблемы.

Решение проблемы надежности сельскохозяйственной техники является резервом повышения эффективности производства и производительности труда, что позволит на 30% сократить энергетические ресурсы на устранение отказов, связанных с износом деталей [2].

Применение эффективных технологий восстановления деталей позволяет повысить их прочность и износостойкость. Наибольшая долговечность деталей и сборочных единиц может быть достигнута применением метода вибрационного упрочнения.

В связи с этим проведение исследований по разработке и внедрению технологии восстановления деталей машин с использованием вибрационных колебаний является актуальным.

3. Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме.

Анализ литературных источников [3-6], а также изучение практики восстановления отдельных деталей показывают, что вибрационные колебания широко используются в машиностроении при изготовлении деталей машин. Однако в ремонтном производстве они не нашли широкого применения. Проблемность обусловлена необходимостью проведения практических и теоретических исследований для разработки технологии восстановления деталей машин сельскохозяйственного назначения.

Целью работы является повышение надежности сельскохозяйственных машин при их ремонте с использованием метода вибрационного упрочнения рабочих органов.

Для достижения цели в работе определено решение следующих задач:

- провести исследования влияния трения на характеристики обрабатываемого материала при вибрационном и обычном деформировании;
- изучить механизм упрочнения поверхности деталей при обычном и вибрационном деформировании.

Методологической основой проведенных исследований является оценка надежности сельскохозяйственных машин с выбором метода и параметров технологического процесса восстановления для увеличения их ресурса.

4. Результаты исследований.

Процесс вибрационной обработки сопровождается последовательным нанесением на обрабатываемую поверхность большого количества микроударов определенной частоты, вызванных действием колебаний обрабатывающего инструмента. При этом происходит ослабление контакта рабочей части инструмента (или отрыв) с поверхностью обрабатываемой детали, что способствует снижению трения между ними и увеличению величины деформации.

Одним из основных параметров технологического процесса восстановления изношенных деталей является величина деформации их материала, которая позволяет судить о возможности компенсации износа, полученного в процессе эксплуатации.

Основой вибрационного деформирования является динамический характер протекания, обеспечивающий пластическое деформирование материала

поверхностного слоя и вызывающий повышение микротвердости и образование остаточных напряжений, способствующих повышению износостойкости восстанавливаемых деталей.

При вибрационном деформировании под действием колебаний возникает инерционная сила, которая периодически усиливает и ослабляет давление обрабатывающего инструмента на поверхность контакта.

При ослаблении давления происходит относительное смещение контактных поверхностей, что вызывает снижение сил контактного трения.

С целью выявления характера изменения возникаемого трения при восстановлении таких деталей, как диски копачей свеклоуборочных машин, диски сошников зерновых сеялок, почвообрабатывающих рабочих органов использовали метод осадки клиновидного образца. Сущность метода заключается в нанесении на боковую поверхность (грань) клиновидного образца с определенными значениями длины l и угла наклона a вертикальных рисок. Осадка образца вызывает искривление рисок, за исключением одной, расположенной ближе к узкому концу образца, т.е. находящейся по центру обрабатывающего рабочего органа (инструмента). Данная риска отвечает положению нейтрального сечения, в котором отсутствовало относительное скольжение металла образца с соприкасаемыми поверхностями в процессе обработки.

Положение нейтрального сечения относительно концов образца зависит от коэффициента трения f и угла клина a .

Силы, действующие на элемент клиновидного образца, показаны на рис.1.

В зоне I на образец действуют нормальная сила N_1 и сила трения T_1 , а в зоне II – соответственно N_2 и T_2 .

Все указанные силы будут находится в равновесии, поскольку обрабатываемый образец не перемещается. Следовательно, сумма их проекций на горизонтальную ось будет равно нулю, т.е. можно записать:

$$N_{x1} + N_{x2} + T_{x2} = T_{x1}, \quad (1)$$

где

$$\left. \begin{aligned} N_{x1} &= N_1 \cdot \sin \frac{a}{2}; & N_{x2} &= N_2 \cdot \sin \frac{a}{2}; \\ T_{x1} &= T_1 \cdot \cos \frac{a}{2}; & T_{x2} &= T_2 \cdot \cos \frac{a}{2}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Если принять, что между контактируемыми поверхностями обрабатывающего инструмента и образца отсутствует прилипание материала (соблюдается жидкостное трение), то можно записать:

$$T_1 = f \cdot N_1; \quad T_2 = f \cdot N_2, \quad (3)$$

где f – коэффициент трения.

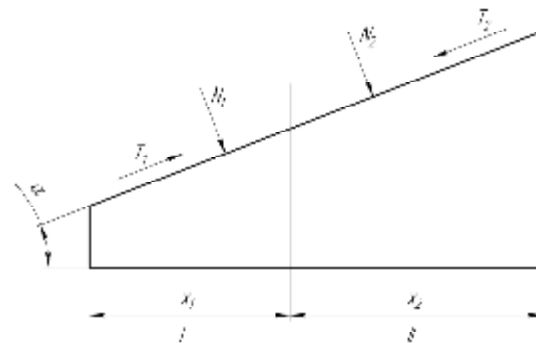


Рис.1. Схема действия сил

Нормальные силы, действующие на обрабатываемый инструмент, можно выразить через величину удельных давлений p и поверхности контакта:

$$N_1 = p_1 \cdot b \cdot x_1; \quad N_2 = p_2 \cdot b \cdot x_2, \quad (4)$$

где b – ширина обрабатываемого образца.

В случае равенства горизонтальных проекций нормального давления N_x и силы трения T_x имеем:

$$N \cdot \sin a = T \cdot \cos a = N \cdot f \cdot \cos a. \quad (5)$$

Отсюда $\operatorname{tg} \alpha = f$. (6)

Подставив в выражение (6) значения нормальных сил и сил трения, принимая удельные давления на участках I и II равными между собой, а также произведя сокращения на p и b , получим:

$$\sin \frac{a}{2} \cdot (x_1 + x_2) + f \cdot x_2 \cdot \cos \frac{a}{2} = f \cdot x_1 \cdot \cos \frac{a}{2}, \quad (7)$$

или

$$x_1 + x_2 = f \cdot \operatorname{ctg} \frac{a}{2} \cdot (x_2 - x_1). \quad (8)$$

Отсюда находим значение коэффициента трения:

$$f = \frac{x_1 + x_2}{x_2 - x_1} \cdot \operatorname{tg} \frac{a}{2}. \quad (9)$$

Значения коэффициента трения, подсчитанные по данной зависимости при углах клина $\alpha = 12^\circ$ и 17° (угол заточки лезвия рабочего инструмента), приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Значения коэффициента трения

α°	Амплитуда колебаний А, мм	Коэффициент трения	
		Вибрационное деформирование	Обычное деформирование
12°	0,25	0,509	0,711
	0,5	0,301	
	0,75	0,484	
	1,0	0,593	
17°	0,25	0,548	0,745
	0,5	0,339	
	0,75	0,522	
	1,0	0,631	

На основании проведенных исследований установлено:

- при вибрационном деформировании наименьшее значение коэффициента трения имеет место при амплитуде колебания $A = 0,5$ мм;

- с увеличения угла заточки режущего элемента рабочего органа коэффициент трения возрастает в 1,13 раза;

- коэффициент трения при вибрационном деформировании по сравнению с обычным деформированием снижается в 2,0-2,36 раза.

Снижение коэффициента трения при вибрационном деформировании способствует повышению упрочения обрабатываемого материала восстанавливаемой детали в результате большего его уплотнения.

Степень уплотнения находили по отношению площади элемента образца до обработки к площади, получаемой после обработки.

Расчетные значения степени уплотнения (упрочнения) приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Значения степени уплотнения (упрочнения)

Материал	Амплитуда А, мм	Степень уплотнения	
		при вибрационном деформировании	при обычном деформировании
Сталь 65Г	0,5	0,059	0,043
Сталь 65Г, сормайт		0,040	0,028
Сталь 45, сормайт		0,049	0,036

Как показали исследования, степень уплотнения образцов, восстановленных привариванием полос (шин) из стали 45 с последующей наплавкой сормайтом при вибрационном деформировании в 1,36 раза больше, чем при обычном деформировании.

5. Выводы.

1. Оценен характер пластического деформирования и сформулировано представление, объясняющее повышение пластичности при вибрационном деформировании по отношению к обычному.

2. Изучено влияние трения на прочностные характеристики обрабатываемого материала деталей, оказывающего влияние на его упрочнение.

Список литературы: 1. Постанова Кабінету Міністрів України від 30 травня 2007 р. №785 «Про затвердження Державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі на період до 2011 року». 2. Анілович В.Я. Надійність машин в завданнях та прикладах / В.Я. Анілович, О.С. Гринченко, В.Л. Литвиненко. – Харків: Око, 2001. – 320 с. 3. Рибак Т.І. Пошукове конструювання на базі оптимізації ресурсу мобільних сільськогосподарських машин / Т.І. Рибак . – Тернопіль: ВАТ «ТВПК», 2003. – 332 с. 4. Черновол М.И. Современные материалы для восстановления и упрочнения деталей машин / М.И. Черновол, Ф.И. Златопольский, Л.К. Лопата. – Кировоград: 1994. – 84 с. 5. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии / А.П. Бабичев, И.А. Бабичев. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с. 6. Дудников И.А. К вопросу влияния вибрационной обработки на деформирование материала обрабатываемых деталей / И.А. Дудников, А.П. Кившик, А.А. Дудников. 3б. наук. праць. Випуск 39. – Кировоград: 2009. – С.167-169.

Поступила в редколлегию 24.01.2011

УДК 621.625+621.438

Ю. А. БЫКОВ, канд. техн. наук, докторант, Институт проблем машиностроения им А.Н. Подгорного НАН Украины, г. Харьков

ФАКТОРЫ ВЛИЯНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА АЭРОУПРУГОСТЬ ЛОПАТОК ТУРБИНОЙ РЕШЕТКИ

Проведен анализ факторов влияния распределения температуры на аэроупругие характеристики решеток колеблющихся турбинных лопаток. Выявлены основные пути взаимного влияния, определены задачи, необходимые для решения поставленной проблемы.

Ключевые слова: нестационарная аэродинамика в турбомашинах, аэроупругость в турбомашинах, аэротермоупругость.

Проведено аналіз факторів впливу розподілу температури на аеропружні характеристики решіток коливних турбінних лопаток. Виявлено основні шляхи взаємного впливу, визначено задачі, необхідні для вирішення поставленої проблеми.

Ключові слова: нестационарна аэродинамика в турбомашинах, аеропружність в турбомашинах, аэротермопружність.

In the paper is presented analysis of influence factors of temperature distribution on aeroelastic characteristics of cascade of vibrating turbine blades. Main ways of mutual influence are discovered; necessary tasks for given problem solving are determined.

Key words: unsteady aerodynamics in turbomachines, aeroelasticity in turbomachines, aérothermoelasticity.

1. Введение

В последнее время широко используемым способом повышения эффективности турбомашин является увеличение температуры на входе в первые ступени турбины. Причина использования высоких температур кроется в повышении давления для процесса адиабатического расширения, следовательно, в возможности создания большей удельной работы при расширении газа в турбине. Термический КПД также будет увеличиваться с увеличением входной температуры в рабочем колесе. Эта взаимосвязь между входной температурой, удельной мощностью и КПД ведет к дальнейшим инженерно-конструкторским разработкам в попытке поднять входную температуру на более высокий уровень. Сегодня входные температуры рабочего колеса газовой турбины достигли уровня, намного превосходящего температуры плавления материала турбины. Как видно на рис. 1, температура обычного авиационного турбореактивного двигателя может достигать 1700 К, в то время как для двигателя современного военного самолета, где не требуется малого потребления топлива или длительного срока службы, температура может быть более 2000 К. На том же рисунке видно, что температура плавления монокристаллической отливки около 1300 К, т.е. разность температур может превышать 400 К.

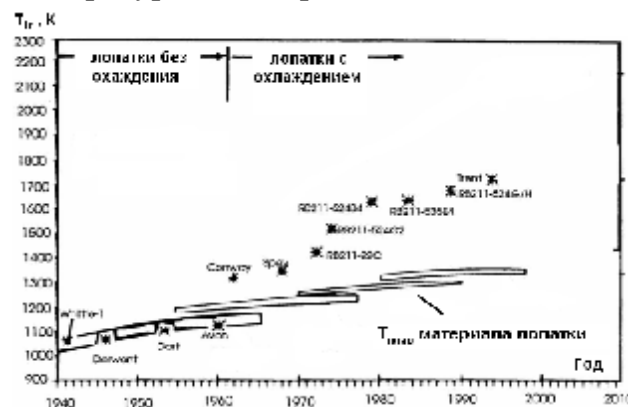


Рис. 1. Рост входных температур турбин компании Роллс-Ройс и температур плавления материалов лопаток по годам

Для снижения температуры лопатки применяются различные технологии охлаждения. Значительная разница в температурах воздуха из камеры сгорания и

охлаждающего воздуха из компрессора приводит к значительным температурным напряжениям в теле лопатки. Это обстоятельство бросает вызов существующим методикам оценки надежности работы лопаточных аппаратов, в частности, определения условий возбуждения автоколебаний лопаток в различных режимах работы турбины. Таким образом, возникает проблема надежности лопаточных аппаратов с учетом повышенных тепловых нагрузок на лопатки. В частности, до последнего времени не была исследована проблема понижения уровня вибраций, в том числе по выявлению возможных автоколебаний лопаток, в условиях значительного перепада температур. Проблема может решаться экспериментально, однако возможно существенно снизить затраты на экспериментальный поиск оптимальных материалов и режимов эффективной работы турбины, с помощью внедрения в практику проектирования современных методов и средств численного моделирования.

Таким образом, актуальной проблемой на данный момент является проблема численного моделирования взаимодействия натекающего потока и колебаний лопаток с учетом значительной температурной неравномерности в первых ступенях газовых и паровых турбин.

В последнее время проделана значительная работа по совершенствованию методов прогнозирования автоколебаний в различных видах лопаточных аппаратов, в том числе и ступенях турбомашин [1,2,3]. В то же время остается открытым вопрос о влиянии значительной температурной неравномерности в первых ступенях газовых турбин высокого давления на возможность возникновения самопроизвольных колебаний лопаток, могущих привести к ускоренному износу венцов. Картина распределения температуры осложняется применением в первых ступенях различных способов охлаждения лопаток.

2. Проблема аэротермоупругости

Решение проблемы аэроупругости лопаток в ступенях современных газовых турбин должно содержать следующие основные явления в турбомашине: нестационарная аэродинамика обтекания лопаток направляющего аппарата и рабочего колеса, нестационарное взаимодействие упругих и инерциальных свойств лопатки, нестационарные тепловые процессы в турбомашине.

На рисунке 2 схематично представлены физические явления и взаимосвязи между ними, моделирование которых необходимо для наиболее полного решения поставленной проблемы.



Рис. 2. Задача аэротермоупругости:

- 1) вибрации, 2) устойчивость, 3) аэротермодинамика, 4) статическая термоупругость, 5) статическая аэроупругость, 6) молекулярные тепловые процессы, 7) динамическая аэроупругость, 8) устойчивость при нагреве, 9) статическая аэротермоупругость, 10) динамическая термоупругость, 11) динамическая аэротермоупругость

Следующим необходимым шагом постановки проблемы является выяснение наиболее значимых связей между моделируемыми физическими явлениями. Поскольку речь идет о вибрациях и автоколебаниях, то, несомненно, постановка должна быть нестационарной. Задачи динамической аэроупругости в турбомашинах (рис. 2(7)) достаточно изучены, имеется множество методов численного моделирования [1,2,3,4].

Влияние распределения температуры на нестационарные аэродинамические характеристики (аэротермодинамика, рис. 2(3)) для турбинной решетки колеблющихся профилей было изучено ранее в работах [5,6,7]. Исследованию подвергались лопатки с двумя конфигурациями охлаждающих каналов (вариант 1 и 2), лопатки с пленочным охлаждением (вариант 3) и лопатки с постоянной температурой поверхности (вариант 4). Различие в температурах на поверхности лопатки было довольно существенным, что видно на рис. 3. Несмотря на значительное различие в распределении температуры, распределение осредненного по времени коэффициента давления, изображенного на рис. 4, практически не отличается для всех вариантов моделирования.

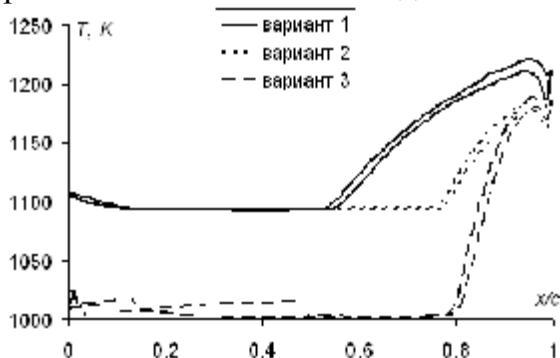


Рис. 3. Распределение температуры по хорде лопатки



Рис. 4. Распределение усредненного по времени давления по хорде лопатки

Важной нестационарной характеристикой решетки колеблющихся профилей является коэффициент аэродемпфирования, который является безразмерной работой аэродинамических сил по перемещению лопатки со знаком «минус». Возможность возникновения автоколебаний лопаток определяет знак работы аэродинамических сил. На рис. 5 представлены значения коэффициента аэродемпфирования для различных вариантов распределения температуры по лопатке.

Положительные значения коэффициента свидетельствуют о демпфировании колебаний, отрицательные — о возможности возбуждения колебаний.

Значения коэффициента аэродемпфирования для разных вариантов имеют схожий характер зависимости от фазового угла, значения отличаются незначительно и максимальное расхождение находится в пределах 10%.

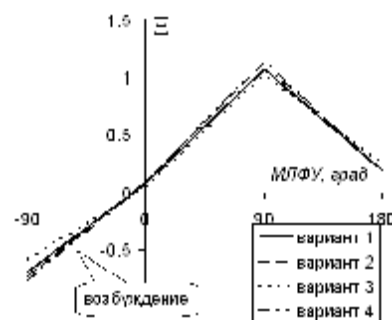


Рис. 5. Зависимость коэффициента аэродемпфирования от фазового угла

Из вышеизложенных результатов можно сделать вывод о незначительности аэротермодинамических эффектов, в большей степени стационарных, нежели нестационарных, при моделировании динамической аэротермоупругости в решетках турбомашин.

Из динамических взаимодействий в задаче аэротермоупругости требует рассмотрения задача динамической термоупругости. Эта задача связывает упругие динамические характеристики лопатки, такие как собственные формы и частоты колебаний, с распределением температуры по лопатке, а также явления температурного расширения и нагрева вследствие движения лопатки. Существенность этого взаимодействия подтверждена исследованиями, в частности, для лопатки направляющего аппарата выявлено отличие собственных частот колебаний в холодном состоянии и рабочем режиме до 11% [8]. Также было выявлена неоднородность напряжений в зависимости от конструкции охлаждающих каналов. Тем самым подтверждается необходимость моделирования упругости лопатки в объеме, учитывая внутреннюю структуру и неоднородность материалов. В моделировании нестационарной термоупругости можно выделить два основных подхода – модальный, при котором выполняется определение собственных форм и частот колебаний в зависимости от температурного поля, и прямой – т.е. численное интегрирование системы уравнений термоупругости для лопатки. Каждый подход имеет свои достоинства и недостатки, что требует дальнейших исследований.

3. Заключение

Численное моделирование аэротермоупругости в лопаточных решетках является сложной задачей как с математической, так и алгоритмической точек зрения. Каждый элемент этой задачи требует тщательно взвешенного выбора средств моделирования, поскольку малые изменения характеристик лопатки или обтекания могут привести к появлению автоколебаний лопаток. Приведенный анализ факторов влияния распределения температуры на аэроупругость турбинной решетки поможет выбрать наиболее эффективные методы моделирования аэротермоупругости в турбомашинах.

Список литературы: 1. Verhoosel C.V. uncertainty and reliability analysis of fluid–structure stability boundaries / C.V. Verhoosel, t.p. scholcz, s.j. hulshoff, m.a. gutierrez // aiaa journal. – 2009. – 47, № 1. – p. 91-104. 2. Mani K. Adjoint-based sensitivity formulation for fully coupled unsteady aeroelasticity problems / k. mani, d.j. mavriplis // aiaa journal. – 2009. – 47, № 8. – p. 1902-1915. 3. Гнесин В.И. Численный анализ влияния соотношения чисел лопаток статора и ротора на нестационарные нагрузки и режимы колебаний лопаток / В.И. Гнесин, Л.В. Колодяжная // Вестник НТУ «ХПИ»: Энергетические и теплотехнические процессы и оборудование. – 2009. – № 3. – с. 23-32. 4. Гнесин В.И. Численное исследование аэроупругих характеристик лопаточного венца турбомашины, работающей на нерасчетном режиме. / Гнесин В.И., Быков Ю.А. // пробл. машиностроения. – 2004. – т.7, №1 – с. 31-40. 5. Быков Ю.А. Численное моделирование течения в решетке колеблющихся профилей с учетом теплообмена. / Пробл. машиностроения. – 2009. – т.12, №5 – с. 36-41. 6. Быков Ю.А. Численное исследование влияния охлаждения лопаток на аэроупругость турбинной решетки / Вост.-европ. журн. передовых технологий. – 2010. – №4/7. – с.30-33. 7. Быков Ю.А. Численное моделирование аэроупругости в решетке охлаждаемых лопаток / авиационно-космическая техника и технология. – 2010. – №5. – с.59-63. 8. Воробьев Ю.С. влияние температурной неоднородности на колебания охлаждаемых

УДК 621.793.7

И.В. СМЕРНОВ, канд. техн. наук, доцент, НТТУ Украины «КПИ», г. Киев

И.А. СЕЛИВЕРСТОВ, канд. техн. наук, доцент, ХНТУ, г. Херсон

О.А. ВОЙТОВИЧ, канд. техн. наук, доцент, ХНТУ, г. Херсон

А.В. ЧОРНИЙ, ассист., НТТУ Украины «КПИ», г. Киев

В.И. КОПЫЛОВ, докт. техн. наук, профессор, НТТУ Украины «КПИ», г. Киев

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ ПЛАЗМЕННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОРОШКА С НАНОЧАСТИЦАМИ SiO₂

Проведены исследования микроструктуры и износостойкости плазменных покрытий на основе порошка ПГ19М с наночастицами SiO₂. Показано, повышение износостойкости и микротвердости данных покрытий при незначительном, массовом содержании наночастиц SiO₂.
Ключевые слова: узел трения, газотермическое напыление, износостойкость, микротвердость.

Проведені дослідження мікроструктури та зносостійкості плазмових покриттів на основі порошка ПГ19М з наночастицями SiO₂. Показано, підвищення зносостійкості і мікротвердості цих покриттів при незначному, масовому вмісті наночастинок SiO₂.
Ключові слова: вузол тертя, газотермічне напилення, зносостійкість, мікротвердість.

Researches of a microstructure and wear resistance of plasma spray coatings on the basis of powder ПГ19М with nanoparticles SiO₂ are conducted. It is shown, increase of wear resistance and microhardness of the given coatings at the insignificant, mass maintenance nanoparticles SiO₂.
Keywords: node of friction, plasma spray coating, wear resistance, microhardness

С повышением долговечности и надежности деталей и механизмов, работающих в условиях трения, резко возрастают требования к свойствам антифрикционных материалов. Во многих случаях применение известных материалов и технологии их получения исчерпали возможность улучшения механических свойств. Для получения антифрикционных материалов с часто противоречивыми свойствами поверхности (высокая твердость и износостойкость, высокие антифрикционные характеристики) необходимы приемы и методы, позволяющие создать совершенно новый композиционный материал.

Одним из методов может быть создание на поверхностях деталей газотермических покрытий различного функционального назначения. В последнее время активно развиваются исследования в области создания газотермических покрытий, в состав которых входят неравновесные, дисперсные и наноразмерные компоненты, которые значительно повышают защитные и механические свойства [1,2,3].

В работе [4] были полученные теплозащитные, износостойкие покрытия и покрытия биомедицинского назначения. Основу таких покрытий составляли наноразмерные частицы композиций из оксидов алюминия, циркония, титана и иттрия. Эти исследования демонстрируют, что наноструктурные композиции дают возможность регулировать свойства покрытий в широких пределах и совмещать полностью противоположные рабочие характеристики.

Наноструктурные композиционные порошки непосредственно использовались в работе [5] Средний размер частичек карбидов составлял 24 нм. Применение наноструктурной композиции из карбидов хрома позволило конкурировать с покрытиями на основе карбидов вольфрама, термическое нанесение которых является довольно проблематичным. Добавление наноразмерных компонентов в состав композиционных порошков содействует улучшению формирования покрытия за счет уменьшения температуры плавления композита. Так, в работе [6] с использованием композиции TiC-Ni с добавками наноразмерных частичек Zr_2 , Al_2O_3 были отмечены снижения температуры плавления в среднем на 300-400 $^{\circ}C$.

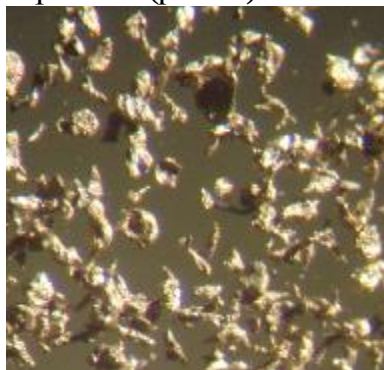
Таким образом, исследования в области создания газотермических покрытий с использованием наноструктурных компонентов для формирования покрытий являются актуальными и требуют детального научного исследования.

Цель работы

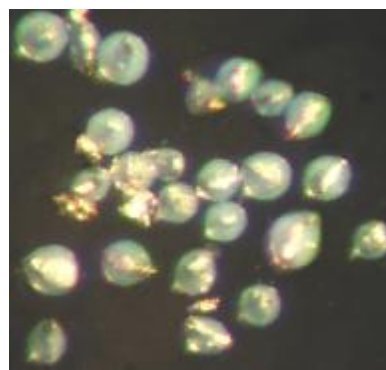
Заключается в повышении износостойкости плазменных покрытий путем применения смеси порошков ПГ19М и наноразмерного аэросила (SiO_2) применительно к тяжелонагруженным узлам трения.

Методики исследований

В качестве исходных материалов применяли порошок бронзы ПГ19М фракцией 60-80 мкм, и аэросил (SiO_2) (наночастишки диаметром до 5-40 нм). С целью создания устойчивого композита для транспортировки в зону плавления и переноса материала на подложку, порошок бронзы подвергался термомеханической обработке. В результате чего, аэросил за счет своих силанольных и силоксановых связей при смешивании с макрочастицами порошка обволакивает их образованием своеобразного «коксона», формировался конгломерат состоящий из ядра (частицы бронзы), окруженный оболочкой из частиц аэросила (рис. 1)



а)



б)

Рис.1. Частицы исходного порошка ПГ19М (а) и после смешивания с аэросилом (ПГ19М+аЛ) (б) $\times 100$

Плазменное напыление осуществлялось плазмотроном с частично вынесенной дугой, в режиме генерации ламинарной плазменной струи, которая обеспечивает лучшее проплавление и сохранение на частичке- ядре оболочки. Мощность плазмотрона составляла до 8 кВт, производительность до 4 кг/ч, рабочий ток дуги плазмотрона 80-90А, напряжение 60В, в качестве плазмообразующего и транспортирующего газа использовался аргон с общим расходом 6 л/мин.

Износостойкость покрытий исследовались на специально разработанной машине трения. Пара трения: неподвижный плоский образец – исследуемый; подвижный (контртело) цилиндр диаметром 8 мм - сталь 45. Износ определяли гравиметрическим методом. По условиям экспериментов значение окружной скорости контртела 0,1 м/с, нагрузка 10,0 Н. Элементный состав полученных плазменных покрытий определялся методом локального микрорентгеноспектрального анализа на растровых электронных микроскопах Camscan-4DV и ZEISS EVO 50XVP, с применением энергодисперсионного рентгеновского микроанализатора. Для оценки износостойкости и микротвердости применяли общеизвестный склерометрический метод испытаний, заключающийся в «царапании» (деформировании) твердым индентором поверхности металла с заданной шероховатостью [7]. В качестве индентора использовалась четырехгранная алмазная пирамида Виккерса с ромбической основой и углом между гранями при вершине 136°. Шероховатость испытуемых образцов по ГОСТ 2789-73 не была грубее $R_a = 0,32$ мкм.

Экспериментальные результаты и их обсуждение.

В таблице 1 приведены результаты испытаний на микротвердость.

Таблица 1. Состав и микротвердость плазменных покрытий

№ образца	Состав порошковой смеси	Микротвердость покрытия, ГПа
1.	бронза (ПГ19М) (Ø80 мкм)	0,38
2.	бронза + аэросил (Ø 5-40 нм);	0,46

Как видно, микротвердость покрытий, содержащих аэросил, возрастает практически на 15%, при этом количество кремния в покрытии незначительно, что подтверждается результатами исследований, представленными на рис 2. и таблице 2.

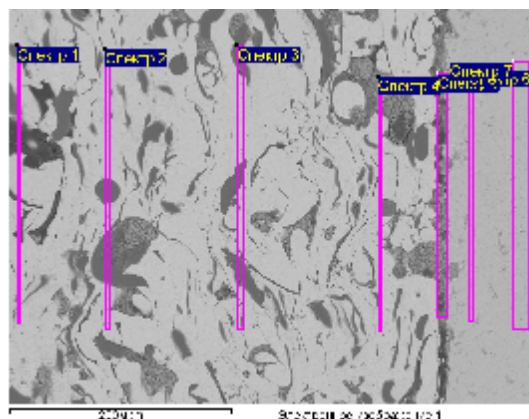


Рис. 2. Электронное изображение плазменного покрытия при напылении порошка системы ПГ 19М+аL

Таблица 2. Химический состав плазменного покрытия при напылении порошка системы ПГ 19М+аL

Спектр	Al, %, вес	Si, %, вес	Cr, %, вес	Mn, %, вес	Fe, %, вес	Cu, %, вес
Спектр1	9.27	0.88			1.74	46.74
Спектр2	10.40	9.78	0.27		1.94	48.68
Спектр3	18.08	4.40	0.44		1.99	50.39
Спектр4	6.92	0.87	6.58		2.53	52.46
Спектр5	1.13	0.37	11.10		22.04	5.11
Спектр6				0.46	93.20	
Спектр7					93.66	
Макс.	18.08	9.78	11.10	0.46	93.66	52.46
Мин.	1.13	0.37	0.27	0.46	1.74	5.11

Как известно, увеличением твердости покрытия сопровождается повышением износостойкости, поэтому в работе является важным определить эти характеристики. На рис.3. приведены результаты испытаний плазменных покрытий на износостойкость.

На протяжении первого часа трения происходит притирание материалов, которое сопровождается высшей потерей массы, после чего износ стабилизируется. Износостойкость покрытия, полученного из порошка бронзы с аэросилом на 35-40 % выше, чем с ПГ19М. После первого часа трения плазменных покрытий наблюдается перенос материала покрытия на поверхность контртела, что оказывает содействие дальнейшему снижению износа материала и его стабилизации (кривые 1 и 2)

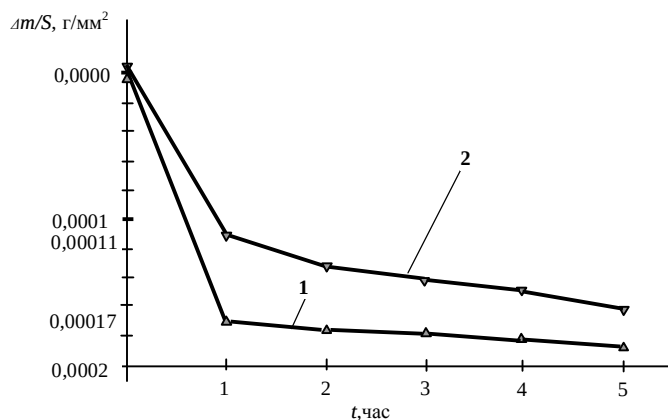


Рис.3. Кинетика изнашивания газотермических покрытий на основе порошковых смесей 1 - ПГ19М; 2 - ПГ19М+аэросил

Отмечено, что в обоих случаях контртело изнашивается одинаково, что обуславливается схожестью продуктов изнашивания порошкового покрытия.

Выводы

Таким образом в работе экспериментально показано, что плазменным напылением из порошковых смесей содержащих незначительное количество наноструктурных составляющих можно повысить износостойкость покрытия. Более высокую износостойкость при условиях трения без смазки в паре с контртелом из стали 45 зафиксировано у образцов с покрытием на основе ПГ19М+аэросил.

Список литературы: 1. Состояние и перспективы создания композиционных порошков и покрытий с наноразмерными ингредиентами/ Ф.И. Пантелеенко. Ф. Г. Ловшенко, А. В.

Рогачев, Н. А. Руденская. В. А. Струк.// Материалы, технологии и оборудование для упрочнения и восстановления деталей машин.- УИ «Технопринт», 2003.- С. 14–15. 2. Morphology, crystallization and dynamic mechanical properties of PA66/nano-SiO₂ composites / Huimin Lu, Xiangmin Xu, Xiaohong Li And Zhijun Zhang // Indian Academy of Sciences, Bull. Mater. Sci., Vol. 29, No. 5, October 2006, pp. 485–490. 3. Новые плазменные покрытия многофункционального назначения и их самоорганизация / Н. А Руденская // Защита металлов. –2004. –том 40, №2. –С. 173–177. 4. Thermal Spray Coatings Engineered from Nanostructured Ceramic Agglomerated Powders for Structural, Thermal Barrier and Biomedical Applications: A Review/ R.S. Lima and B.R. Marple// Journal of Thermal Spray Technology. – March 2007. –Volume 16(1) –P. 40 –63. 5. Synthesis of Nanostructured Cr₃C₂-25(Ni20Cr) Coatings/ Jianhong He, Michael Ice, Enrique J. Lavernia// Metallurgical And Materials Transactions. – february 2000. –volume 31a – p. 555 –564. 6. TiC–Ni-Based Composite Materials Dispersion-Strengthened by Nanoparticles for Electrospark Deposition / E. A. Levashov, Yu. S. Pogozhev, A. E. Kudryashov, S. I. Rupasov, and V. V. Levina// Russian Journal of Non-Ferrous Metals, 2008. – Vol. 49. – № 5, P. 397–403. 7. Матюнин, В.М. Определение механических свойств и адгезионной прочности ионно-плазменных покрытий склерометрическим методом / В.М. Матюнин, П.В. Быков, Р.Х. Сайдахмедов [и др.] //МИТОМ. — 2002. — № 3. — С. 36-39.

Поступила в редколлегию 21.01.2011

УДК 656.078.12

Ю.О. ДАВІДІЧ, докт. техн. наук, проф., ХНАМГ, м. Харків
Д.П. ПОНКРАТОВ, канд. техн. наук, доц., ХНАМГ, м. Харків
М.В. ОЛЬХОВА, асистент, ХНАМГ, м. Харків
К.В. СОЛОМАТИНА, магістр, ХНАМГ, м. Харків

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ВИДІВ ВАНТАЖІВ МІЖ АВТОМОБІЛЬНИМ І ЗАЛІЗНИЧНИМ ВИДАМИ ТРАНСПОРТУ

Розглянуті питання розподілу видів вантажів при магістральних перевезеннях та виявлені їхні закономірності.

Рассмотрены вопросы распределения видов грузов при магистральных перевозках и выявлены их закономерности.

The paper is submitted the problem of sort freight allocating at the main transportation. Their laws are determined.

1. Вступ

Стабільна робота всіх видів транспорту є невід'ємною умовою нормального функціонування економіки України [1]. Одним із варіантів досягання цього може бути ефективний розподіл обсягів перевезень між різними видами транспорту. Для цього необхідне дослідження вантажних потоків, що дозволить визначати сфери ефективного використання того чи іншого видів транспорту і обґрунтовувати перспективи його розвитку [2]. Важливе значення при цьому має класифікація видів вантажу [3]. Вид вантажу може мати вирішальне значення при виборі виду транспорту, наприклад, автомобільного або залізничного, так як він визначає технологічні і економічні параметри перевезень.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Дослідниками визначено, що вивчення вантажних потоків сприяє виявленню нераціональних перевезень [2]. Однак, у більшості робіт не враховується вплив виду вантажів на технологічний процес перевезення вантажів, що може призвести до зміни економічних показників транспортного процесу [1, 4]. Визначеними є сфери раціонального використання для універсальних і швидкопсувних вантажів у міжнародному сполученні, що розраховуються на підставі витрат замовника [5], дрібнопартійних вантажів та перевезень для контейнерних вантажів [6, 7]. Досить детально проаналізовані перевезення за групами вантажів автомобільним і залізничним видами транспорту у роботі [8], але це дослідження не відповідає сучасним ринковим умовам діяльності учасників транспортного процесу. Доцільним вважається дослідження всіх груп вантажів для досягнення ефективності транспортного процесу перевезення вантажів автомобільним і залізничним видами транспорту з економічного погляду, зокрема у сучасних ринкових умовах.

3. Мета дослідження

Мета дослідження полягає у визначенні закономірностей розподілу видів вантажів між автомобільним і залізничним видами транспорту.

4. Результати дослідження

На офіційному сайті Державного комітету статистики України можна отримати статистичну інформацію щодо транспортної галузі [9]. Але тільки відправлення вантажів залізничним транспортом, перевезення вантажів морським, річковим і трубопровідним видами транспорту представлені за номенклатурою вантажів [10]. Відсутність статистичної інформації щодо перевезення вантажів автомобільним транспортом за окремими видами вантажу не дає можливості детально проаналізувати галузь перевезень, враховуючи що останній займає майже 58% від загального обсягу перевезень. Вважаючи на те, що вид вантажу може першочергово визначати на якому виді транспорту його перевозити і на те, що існує вантаж, для якого питання вибору транспорту не стоїть, доцільно визначити групи вантажів, які найчастіше перевозяться автомобільним і залізничними видами транспорту. Це дозволить окремо досліджувати кожну групу вантажів з властивими їм особливостями, досліджувати розподіл видів вантажів при магістральних перевезеннях, виявляти закономірності цього розподілу та визначати доцільність використання того чи іншого видів транспорту.

Для вирішення поставленої задачі було проведено опитування експертів у галузі вантажних перевезень, у якому від них вимагалось відзначити, який вантаж найчастіше або майже однаково перевозиться автомобільним і залізничним видами транспорту. Для цього була розроблена анкета, в якій запропоновані групи вантажів за класифікацією А.І. Воркута [11], рис. 1.

Анкета

для дослідження розподілу видів вантажів при магістральних вантажних перевезеннях між автомобільним і залізничним видами транспорту

1. Які види (групи) вантажів найчастіше перевозяться автомобільним і залізничним транспортом (можливо у відсотках)?

Вид вантажу	Автомобільний транспорт	Залізничний транспорт	Автомобільний і залізничний види транспорту (майже однаковий розподіл)
навалочні			
наливні			
тарно-штучні			
пакетовані й у контейнерах			

Рис.1 – Анкета опитування експертів щодо дослідження розподілу видів вантажів при магістральних вантажних перевезеннях між автомобільним і залізничним видами транспорту

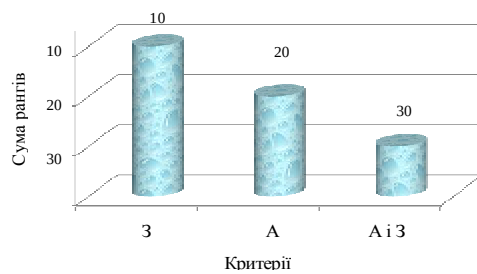
Результати обробки анкет сформовані у вигляді табл. 1., в якій «1» означає найбільш значимий фактор.

Підсумкова сума рангів зображена у вигляді гістограми для кожного виду транспорту, рис. 2.

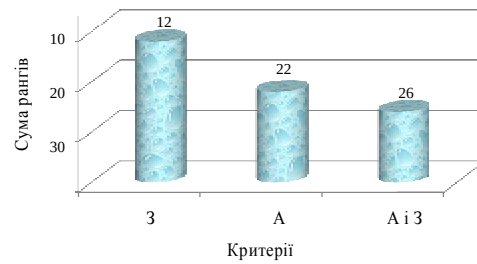
Таблиця 1 – Результати аналізу опитування експертів

Експерти	Навалочні			Наливні			Тарно-штучні			Пакетовані й у контейнерах		
	A*	З*	A* і З*	A*	З*	A* і З*	A*	З*	A* і З*	A*	З*	A* і З*
1	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	3	1
2	2	1	3	3	2	1	2	1	3	2	3	1
3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	3	1
4	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	3	1
5	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	3	1
6	2	1	3	2	1	3	2	3	1	2	3	1
7	2	1	3	3	2	1	2	1	3	2	3	1
8	2	1	3	2	1	3	2	1	3	1	2	3
9	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	3	1
10	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	3	1
Сума рангів	20	10	30	22	12	26	11	21	28	19	29	20
S	200			104			146			146		
W	1			0,52			0,73			0,73		
c ²	20			10,4			14,6			14,6		

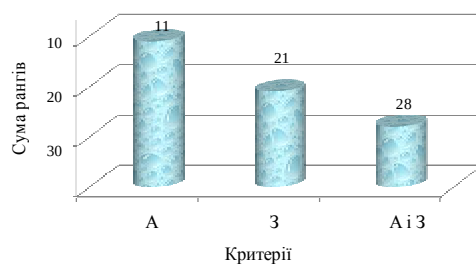
Фактори: A* – автомобільний транспорт; З* – залізничний транспорт; A* і З* - майже однаково використовується автомобільний і залізничний види транспорту.



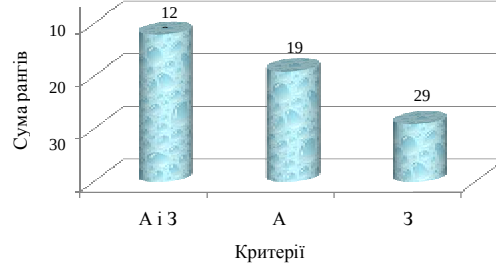
а)



б)



в)



г)

Рис. 2 – Гістограми значимості виду транспорту для кожної групи вантажів:
а) навалочні; б) наливні; в) тарно-штучні; г) пакетовані й у контейнерах.

Значимість думок експертів була перевірена за допомогою коефіцієнта конкордації Кендела. Коефіцієнт конкордації у даному випадку обчислюється за

формулою [12]:

$$W = \frac{12S}{m^2(n^3 - n)}, \quad (1)$$

де m - кількість експертів; n - кількість факторів; S - сума квадратів відхилень, що розраховується наступним чином:

$$S = \sum_{j=1}^n (X_j - X_{cp})^2, \quad (2)$$

де X_j - сума рангів по j -му фактору; X_{cp} - середня сума рангів.

Результати розрахунків коефіцієнтів конкордації Кендела за вищезазначеними формулами представлені у табл. 1.

Для всіх видів вантажу значення коефіцієнта конкордації Кендела є більшим ніж 0,5, це вказує на погодженість думок експертів.

Для перевірки статистичної ваги коефіцієнта конкордації було розраховане емпіричне значення критерію c^2 Пірсона за формулою [14]:

$$c^2 = \frac{12S}{mn(n+1)}. \quad (3)$$

Розрахункові значення критерію c^2 зведені до табл. 1. Гіпотезу погодженості думок експертів приймаємо, тому що емпіричне значення критерію c^2 більше табличного (з урахуванням степеню свободи $df=n-1$ і заданого рівня довірчої імовірності 0,95 табличне значення дорівнює 3,84). Як наслідок, можна зробити висновок, що думки експертів не випадкові.

При проведенні анкетування експерти висловлювали свої думки стосовно розподілу видів вантажу між автомобільним і залізничним транспортом у відсотках, що представлено у табл. 2.

Таблиця 2 – Результати опитування експертів про розподіл видів вантажу між автомобільним і залізничним транспортом у відсотках

Вид вантажу	Середній відсоток розподілу	
	Автомобільний транспорт	Залізничний транспорт
навалочні	14	86
наливні	38	62
штучні	83	17
пакетований і у контейнерах	48	52

5. Висновок

Проведене дослідження дозволило визначити розподіл вантажів між автомобільним і залізничним видами транспорту. Зокрема для перевезення пакетованих вантажів і у контейнерах майже однаково використовується автомобільний і залізничний транспорт. Напрямоком подальших досліджень є визначення сфер доцільного використання автомобільного і залізничного видів транспорту для пакетованих вантажів й у контейнерах в залежності від конкретних умов здійснення перевезень.

Список літератури: 1. Дмитриченко В.Ф., Левковець П.Р., Ткаченко А.М., Ігнатенко О.С., Зайончик Л.Г., Статник І.М. Транспортні технології в системах логістики. – Київ: ІНФОРМАВТОДОР, 2007. – 676 с. 2. Единая транспортная система. В.Г. Галабурда, В.А. Персианов, А.А. Тимошин и др./ Под ред. В.Г. Галабурды. 2-ое изд. с измен. и дополн. – М.: Транспорт, 2001. – 303 с. 3. Вельможин А.В., Гудков В.А, Миротин Л.Б., Куликов А.В. Грузовые автомобильные перевозки. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 506 с. 4. Прокудин Г.С. Моделі та методи оптимізації вантажних перевезень в транспортних системах: Автореф. дис... докт. техн. наук: 05.22.20 [Електронний ресурс] / Національний транспортний університет. – К., 2009. – 44с. Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/ard/2009/09pgspts.zip> 5. Пономарьова Н.В. Прогнозування вантажопотоків на наземних видах транспорту у міжнародному сполученні. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.01 / ХНАДУ. – Х., 2007. – 20с. 6. Левковець П.Р., Товкун Д.Л. Управление перевозками грузов и логистика. – К.: НТУ, 2002. – 145 с. 7. Абдикеримов Г.С. Оптимизация продвижения контейнеропотоков в логистической цепи на направлении Республика Казахстан – Российская Федерация. Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.22.08 / ПГУПС. – М., 2009. – 24 с. 8. Тихончук Ю.Н., Елисеева Т.В., Каяшев А.В. Рациональное распределение перевозок между железнодорожным и автомобильным транспортом.– М.: Транспорт, 1972. – 136 с. 9. Державний комітет статистики України // Транспорт. Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/> – Назва з екрану. 10. Статистичний збірник «Регіони України». 2 частина. – К. : Держкомстат, 2009. – 758 с. 11. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки. 2-е изд. перераб. и доп. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 447 с. 12. Венецкий И.Г., Венецкая В.И. Основные математико-статистические понятия и формулы в экономическом анализе: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Статистика, 1979. – 447 с. 13. Системологія на транспорт: у 5 кн. / за аг. Ред.. М.Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2005. Кн. III: Дослідження операцій у транспортних системах / Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К. та ін. – 2009. – 375 с. 14. Мот Ж. Статистические предвидения и решения на предприятии / Пре. с фр. – М.: Прогресс, 1966. – 512 с.

Поступила в редколлегию 27.12.2010

УДК 004.89

А. Ю. СОКОЛОВ, д-р техн. наук, профессор, НАУ «ХАИ»

О. С. РАДИВОНЕНКО, канд. техн. наук, доцент, НАУ «ХАИ»

О. И. МОРОЗОВА, аспирант, НАУ «ХАИ»

О. Г. МОЛЧАНОВА, аспирант, НАУ «ХАИ»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО ТЕСТА В СИСТЕМЕ ОЦЕНИВАНИЯ КАЧЕСТВА ОБУЧЕНИЯ

У статті розглядається використання системи оцінювання якості навчання в освіті. Крім цього, наведено класифікацію тестових завдань. Проаналізовано переваги та недоліки існуючих видів тестових завдань. Запропоновано новий вид тестового завдання так званий онтологічний тест. Розглянуто особливості застосування такого виду тесту. Показано, що застосування моделі спрямованого навчання сприяє кращому засвоєнню матеріалу, що дозволить підвищити рівень знань учня, а тим самим і успішність.

В статье рассматривается использование системы оценивания качества обучения в образовании. Кроме этого, приведена классификация тестовых заданий. Проанализированы преимущества и недостатки существующих видов тестовых заданий. Предложен новый вид тестового задания, так называемый онтологический тест. Рассмотрены особенности применения такого вида теста. Показано, что применение модели направленного обучения

способствует лучшему усваиванию материала, что позволит повысить уровень знаний обучаемого, а тем самым и успеваемость.

Using of the system of estimation the quality of training in education is considered in this article. In addition, a classification of test items. The advantages and disadvantages of the existing types of tests are analysed. A new type of the task test so-called ontological test is proposed. The features of this type of test are considered. It is shown, that the application of the model directed learning promotes better absorption of the material that will enhance student knowledge, and thus his performance.

Введение. Все страны интересуются уровнем результативности системы образования. Измерять ее можно по разному, например, по достижениям студентов по основным дисциплинам, проценту выпускников, или по тому, насколько востребована их профессия. Другие аспекты результативности касаются знаний, суждений, понимания и ценностей. Таким образом, результативность имеет количественный и качественный аспект, которые необходимо рассматривать на фоне разных контекстов, входных ресурсов и процессов, благодаря которым функционирует система образования. Страны стараются сравнить успешность в обучении через показатели, так как ценят качество и стандарты [1].

Проблема качественного предоставления образовательных услуг во время подготовки специалистов разных образовательно-квалифицированных уровней для высших учебных заведений является важной и актуальной. Поэтому необходимо исследовать качества знаний студентов, так как это и является главным критерием, по которому можно оценить работу высшего учебного заведения. Представление обучаемым целостных знаний о предметной области в виде формальных описаний является одним из самых затруднительных процессов при анализе качества обучения, поэтому необходимо сформировать алгоритм ее построения. Для описания предметной области предлагается использовать онтологическую модель представления знаний [2].

В настоящее время онтологии приобретают всё большую популярность в связи с тем, что они обеспечивают семантическую основу для быстро развивающихся технологий.

С другой стороны, во всём мире наблюдается тенденции к автоматизации всё больших областей человеческой деятельности. При этом при построении больших программных систем сложность проведения анализа предметной области и происходящих в ней процессов является сопоставимой с технической сложностью системы. На стадии анализа необходимо построить полную модель предметной области, или, другими словами, фиксировать онтологию этой предметной области.

Для построения онтологий были созданы инструментальные средства и механизмы, специально ориентированные на широкое применение онтологий во многих задачах. Однако даже наличие хорошего инструментального окружения не снимает проблем, связанных с трудностью проектирования и построения самих онтологий, а автоматизация процесса извлечения онтологий, как и в целом, задача извлечения знаний, и по настоящее время не имеют своего эффективного решения. В данной работе предложена реализация онтологии предметной области для определения качества образования.

Объектом исследования является процесс оценивания качества обучения студентов. В свою очередь, предметом исследования являются методы представления знаний для разработки системы оценивания качества обучения.

На сегодняшний день в образовании широкое распространение получили системы, основанные на использовании электронной неструктурированной текстовой информации. Однако такие системы обладают рядом недостатков: большие объемы текстов, появление новых текстов, порождает необходимость постоянного пересмотра уже существующих знаний относительно их актуальности в данный момент.

В связи с этим, актуальным является наполнение базы знаний с информацией посредством формирования собственной базы знаний обучаемым, которая затем будет им самим усовершенствоваться и тем самым расширять его знания, что позволит повысить его уровень знаний, а тем самым и успеваемость. Такой подход к обучению получил название модели направленного обучения [3].

Предлагаемая модель состоит из четырех модулей: модуль первичной обработки текста и формирования онтологического представления информации, модуль навигации по изучаемому материалу и пополнения базы знаний, модуль оценивания обучаемого и модуль самосовершенствования.

Модуль оценивания обучаемого представляет собой набор тестовых заданий, предназначенных для проверки знаний, полученных обучаемым после изучения материала.

Тестирование учебных достижений. Тестирование является одной из основных методик проверки знаний и показывает степень усваивания обучаемым программы, а также указывают на пробелы в знаниях.

По результатам тестирования можно указать обучаемому на тот материал, который ему необходимо изучить для заполнения этих пробелов. Однако, зачастую этого может быть недостаточно, ведь результаты тестов указывают на конкретные проблемы по данной тематике, а не на общие проблемы обучения. Тестовые задания имеют специфическую форму, что отражено даже в их определении. Задание, имеющее правильную форму, позволяет точно выразить содержание вопроса, понятное всем испытуемым, исключая возможность появления ошибочных ответов по формальным признакам [4].

Формы заданий в тестовой форме могут быть весьма разнообразными, в частности, в [5] предлагается 24 формы тестовых заданий. В этой связи, классификация тестовых заданий представляется полезной. С точки зрения формы тестового задания можно ввести следующую их классификацию (рис. 1).

Все тестовые задания разбиваются на две большие группы – задания в открытой форме и задания в



Рис. 1. Классификация тестовых заданий

закрытой форме. В основу классификации положено наличие или отсутствие ввода дополнительной информации испытуемым.

Если дополнительная информация нужна, то это задание в открытой форме. Если информация не нужна, то это задание в закрытой форме.

Задания в открытой форме подразделяются на задания с дополнением и в виде свободного изложения. В первом случае испытуемому необходимо дополнить содержание задания своей информацией. В результате задание должно превратиться в истинное логическое высказывание. Дополнение должно быть кратким – одно, в крайнем случае, два-три слова. При свободном изложении объем вводимой информации может быть значительно больше.

В тестировании чаще всего используются задания в закрытой форме. Эти задания характерны тем, что содержат в себе и основу (вопрос, утверждение) и ответы (элементы ответов), из которых испытуемый должен выбрать или составить верный ответ. В простейшем случае испытуемый просто указывает ответ, который ему кажется правильным – задания с выбором верного ответа.

В заданиях с выбором нескольких верных ответов испытуемый должен указать все верные ответы. Процедура оценивания здесь сложнее, чем в предыдущем случае. Сумма баллов за такое задание может быть больше, чем в заданиях с выбором одного верного ответа.

Задания с градуированными ответами содержат ответы, которые возможно все являются правильными в той или иной степени. Ответы имеют градацию по степени правильности. Задача составителя заключается в том, чтобы найти и применить признак, позволяющий осуществить такую градацию. Максимальное количество баллов испытуемый получает, если его градация ответов полностью совпадает с градацией эксперта, например, разработчика задания.

Задания на установление соответствия требуют от испытуемого найти соответствие между элементами двух множеств. Соответствие устанавливается на основании логических умозаключений или использовании смысловых ассоциаций.

В заданиях на установление правильной последовательности испытуемому необходимо не просто выбрать соответствующие элементы ответа, но и расположить их в нужной последовательности. Заданиями такого типа хорошо проверять знание алгоритмов действий, технологических приемов, логики рассуждений и т. п. С помощью этих заданий удобно проверять знание и понимание испытуемыми формулировок определений, понятий, терминов, путем конструирования их из отдельным слов, предложений, символов, графических элементов.

Система оценивания качества обучения. Однако на практике возникает необходимость в объединении предложенных основных типов тестирования. В рамках данной работы предложена и реализована система оценивания качества обучения (рис. 2).

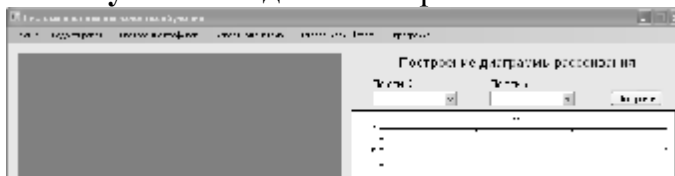


Рис. 2. Система оценивания качества обучения

В данной системе одной из составляющих является тестирование на построение логического графа с выявлением конкретных ошибок, получившая название онтологического теста. Кроме этого, данная система предусматривает построение графиков зависимости результатов обучения студента, использование экспертной системы для вывода рекомендации для последующего обучения студента.

Онтологический тест. Рассмотренная классификация тестовых заданий обладает как преимуществами, так и недостатками. Преимущество данных видов тестовых заданий заключается в их простоте реализации. Основным же недостатком является то, что эти виды тестовых заданий не охватывают полностью все знания обучаемого. Поэтому предлагается объединение двух основных типов тестовых заданий в один тест онтологического типа.

В данном виде тестового задания система производит сравнение онтологии, построенной обучаемым, с эталонной онтологией. Основной задачей при использовании онтологического теста является выбор метода сравнения онтологий.

В частном случае онтологию можно представить в виде графа. Граф онтологии является множеством понятий, или другими словами, множеством узлов. Тогда можно говорить о сравнении двух графов, как о сравнении двух деревьев. В основу сравнения деревьев заложен алгоритм, использующий метод поиска в глубину.

Алгоритм сравнения деревьев состоит из следующих шагов:

1. В первую очередь сравниваем корни:
 - 1) предполагаем $i = 1$;
 - 2) берём i -й корень эталонного дерева;
 - 3) последовательно сравниваем его с корнями пользовательского дерева;
 - 4) если в пункте 3 совпадений не найдено – добавляем i -й элемент к недостающим;
 - 5) добавляем к i единицу;
 - 6) если i -й корень в эталонном дереве существует – переходим ко второму пункту.
2. Нумеруем все элементы эталонного и пользовательского дерева.
3. Предполагаем $i = 1$.
4. Берем i -й элемент дерева.
5. Поиском в глубину ищем этот элемент у пользовательского дерева.
6. Для найденного элемента ищем (согласно пункту 1) лишних наследников.
7. Для i -го элемента ищем (согласно пункту 1) недостающих наследников.
8. Добавляем к i единицу.
9. Если существует i -й элемент дерева – переходим к пункту 4.

Рассмотрим тестирование с использованием онтологического теста на примере проверки знаний по курсу «Системы искусственного интеллекта». Испытуемым было предложено множество из 18 понятий. Посредством системы Protégé испытуемыми были разработаны иерархии классов для понятий, а затем

каждая из составленных онтологий экспортировалась в файл с расширением owl (рис. 3).

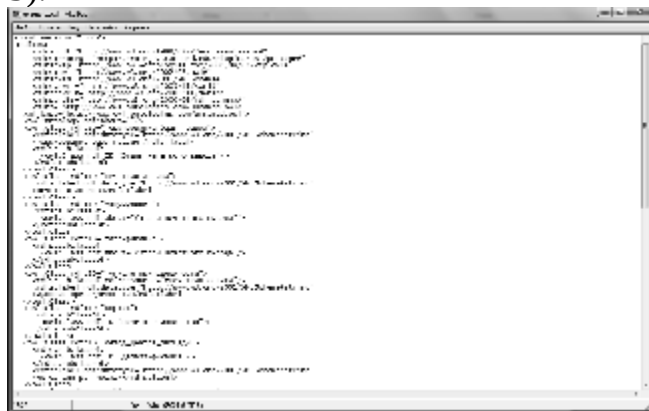


Рис. 3. Онтология на языке owl

построенная обучаемым (рис. 4).

Красным цветом выделяются ошибки при построении, синим – недостающие понятия. Внизу экрана приложения выводится отчет о сравнении. В данном отчете указывается уникальное количество ошибок. Кроме этого, в отчете указываются все несоответствия в составленных онтологиях с конкретным описанием ошибки.

Для того чтобы оценить построенную студентом онтологию в баллах и рассчитать результат R применяем классическую теорию обработки тестов:

$$R = \frac{M}{N} \cdot 100\%,$$

где M – уникальное количество ошибок;

N – количество узлов графа онтологии.

Затем необходимо перевести полученные проценты по заданной шкале оценивания.

Заключение. В данной работе рассмотрена классификация существующих тестовых заданий, выявлены их недостатки и предложено использование комбинированного метода тестирования, основанного на онтологическом тесте. Преимуществом такого вида тестирования является возможность оценивания не только конкретных знаний по дисциплине, но и способности студента к построению иерархии понятий и отношений между ними в заданной предметной области. Для сравнения онтологий был предложен алгоритм, основанный на сравнении графов онтологии.

В рамках данной работы в среде Microsoft Visual Studio 2005 был разработан программный продукт, позволяющий оценивать качество обучения, одной из составляющих которого является онтологический тест.

Перспективой данной работы является создание системы, которая по результатам тестирования за некоторый промежуток времени сможет спрогнозировать результаты последующих тестирований, в частности, возможные проблемы будущего обучения в целом. Кроме этого, важной задачей

После этого полученные два файла owl для эталонной онтологии и онтологии, составленной обучаемым, загружаются в систему оценивания качества обучения. В результате сравнения на экране приложения выводится справа эталонная онтология, слева – онтология,

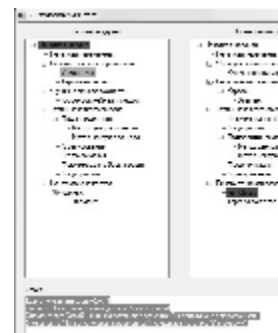


Рис. 4.

Онтологический тест

являється розробка метода сравнения онтологий, позволяющего учесть всю полноту онтологической модели представления знаний.

Список литературы: 1. Мониторинг стандартів освіти / За ред. Альберта Тайджмана і Т. Невілла Послтвейта. – Львів: Літопис, 2003. – 328 с. 2. Шапкин П.А. Модели и методы разработки веб-приложений на основе онтологии предметной области / П.А. Шапкин // Журнал „Информационные технологии”. – Новые технологии. – Москва, 2010. – №2. – С. 13–18. 3. Соколов А. Ю. Модель направленного обучения на основе онтологического подхода / А.Ю. Соколов, О.И. Морозова, В.Г. Иванов // Радіоелектронні і комп’ютерні системи. – 2010. – №1 (42). – С. 96–102. 4. Ким В. С. Тестирование учебных достижений : моногр. / В. С. Ким. – Уссурийск: Изд-во УГПИ, 2007. – 214 с. 5. Распопов В. М. Программирование и организация самостоятельной работы учащихся / В. М. Распопов. – М.: Высш. шк., 1989. – 55 с.

Поступила в редколлегию 18.11.10

УДК 656:658

Д. М. РОСЛАВЦЕВ, канд. техн. наук, доцент, ХНАМГ, м. Харків
Г. В. ЧЕРКАСОВА, магістрант, ХНАМГ, м. Харків

КРИТЕРІЇ ЕФЕКТИВНОСТІ В ПРОЕКТАХ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

Розглянуті питання застосування критеріїв при оцінці ефективності впроваджуваних заходів в проектах модернізації логістичних систем.

Рассмотрены вопросы применения критериев при оценке эффективности внедряемых мероприятий в проектах модернизации логистических систем.

The paper is submitted the problem of criteria application at an efficiency estimation of introduced actions in logistical systems modernization projects.

Вступ

Одним з актуальних питань широкого кола організацій є питання пов’язані з удосконаленням функціонування їх логістичних систем. На практиці поняття «логістична система», як правило, характеризує певну кількість учасників, які виконуючи логістичні функції і операції, забезпечують рух певного матеріалопотоку. Існуюче різноманіття форм організації бізнесу, специфіки діяльності окремих учасників логістичних систем та багато інших факторів обумовлюють широке коло підходів до підвищення ефективності функціонування логістичних систем, і відповідно, оцінки ефективності прийнятих рішень. Значну роль в цьому відіграє еволюція концепцій ведення бізнесу, і логістики зокрема.

Динамічний розвиток підходів до підвищення ефективності логістичної діяльності загострює проблему визначення раціональних меж використання останніх, а також проблему вибору адекватних критеріїв оцінки ефективності впроваджуваних заходів (на основі [1-9]).

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Залежно від масштабу, цілей і завдань заходів ефективність їх впровадження оцінюється з використанням різних критеріїв. На сьогоднішній день широко використовуються критерії, що характеризують економічну

ефективність проектних рішень, такі як витрати, прибуток, чиста наведена вартість (NPV) та інші (на основі [1, 3-6, 10]). Аналіз існуючих критеріїв, що характеризують економічну ефективність проектних рішень наведено в роботі [6].

Поширення одержали також критерії, що характеризують технологічну і організаційну складові (на основі [1, 4-8]). Найбільш широке застосування в якості критеріїв, технологічні і організаційні показники отримали при розробці і впровадженні системи збалансованих показників оцінки ефективності логістичної діяльності (на основі [1, 4, 7, 8]).

Різноманіття можливих напрямків реалізації проектів (заходів) підвищення ефективності функціонування логістичних ланцюгів, їх відмінність за цілями, масштабом, обмеженнями, а також постійний розвиток підходів щодо оцінки ефективності їх реалізації залишає невизначеними такі питання як особливості застосування того чи іншого підходу в конкретних умовах. Теоретичний і практичний інтерес має систематизація досвіду застосування критеріїв ефективності в сфері проектів з логістики [10].

Мета дослідження

Метою проведених досліджень є узагальнення досвіду застосування критеріїв при оцінці ефективності заходів в проектах модернізації логістичних систем.

Результати дослідження

Питання оцінки ефективності проектних рішень при модернізації логістичних систем і ланцюгів не є новими для науки, їхньому визначенню присвячена значна кількість робіт серед яких можна виділити [1-10] та інші.

Досліджуючи методи, моделі, підходи до підвищення ефективності роботи логістичного ланцюга можна виділити певні етапи еволюції останніх, яка, в свою чергу, обумовила використання того чи іншого критерію. Перші кроки в цьому напрямку були зосереджені на підвищенні ефективності роботи окремих учасників або пар господарських суб'єктів. Як критерій оцінки результатів використовували економічні показники [6].

Найбільше розповсюдження отримали критерії, які характеризують витрати учасників логістичного ланцюга, або ланцюга в цілому. Серед останніх можна виділити питомі та загальні витрати. Так, наприклад, для оцінки ефективності системи доставки матеріальних ресурсів запропоновано використовувати критерію «мінімум загальних витрат». Перевагами застосування останнього є універсальність, тісний зв'язок з більшістю ключових економічних параметрів функціонування логістичних систем, однаковість методики визначення витрат для більшості підприємств.

Серед критеріїв що характеризують економічні результати роботи логістичної системи та її учасників використовуються також такі, як максимуму прибутків, очікуваний фінансовий результат, чиста приведена вартість проекту та інші.

Подальша еволюція підходів до підвищення ефективності логістичної діяльності характеризується поглибленням інтеграції учасників логістичної системи. В якості критерію ефективності пропонується використання

інтегрального критерію. При цьому слід зауважити, що складові інтегрального критерію у кожного дослідника різні.

Більшість вітчизняних і закордонних вчених підкреслюють неможливість існування універсального критерію.

З розвитком концепції обслуговування споживача та подальшим поглибленням інтеграції набули розвитку і критерії оцінки ефективності цих заходів, більш доцільним вважається оцінювати ефективність логістичних систем комплексом показників, що відображають її якість, при заданому рівні витрат. Використання багатовекторного критерію змінює погляд на логістичні витрати з мінімальних на оптимальні. При реалізації логістичних проектів, дослідниками підкреслюється необхідність урахування мультиплікативного ефекту, через розрахунок комерційної, бюджетної, екологічної, соціально-економічної ефективності. До інтегральних параметрів функціонування логістичної системи відносять: надійності, стійкості, адаптивності, економічної ефективності і т.п. при одночасному визначенні якості логістичного сервісу для кінцевих споживачів (на основі [1, 6, 8]).

Слід також зазначити, що на певних етапах свого розвитку логістична система може мати різні стратегічні цілі, які обумовлюють вибір критерію ефективності її функціонування. Окрім цього, оцінка ефективності функціонування логістичної системи може бути проведена на різних рівнях: стратегічному, тактичному і функціональному.

Отже застосування того чи іншого критерію обумовлено метою дослідження, специфікою діяльності логістичного об'єкту, рівнем прийняття рішень, та іншими подібними факторами. Класифікація критеріїв відповідно до мети дослідження логістичних об'єктів представлена на рис 1.

Так, залежно від мети дослідження і цілей функціонування логістичного

об'єкту різними авторами пропонувалися такі критерії, як критерій безпеки, який пропонується використовувати як інтегральний показник якості й ефективності функціонування будь-якої системи, результативність – являє собою співвідношення створеної доданої вартості і витрат на її створення. Певне розповсюдження при визначенні ефективності функціонування логістичного ланцюга отримав критерій часу (на основі [6]).

Намагаючись розробити інтегральну систему оцінки, застосовану до всього логістичного ланцюга в цілому, консорціум фірм, університетів і консультантів запропонував певну загальну схему. Ця інтегральна схема містить у собі чотири типи одиниць виміру: задоволення споживачів/якість, час, витрати, активи. Дана

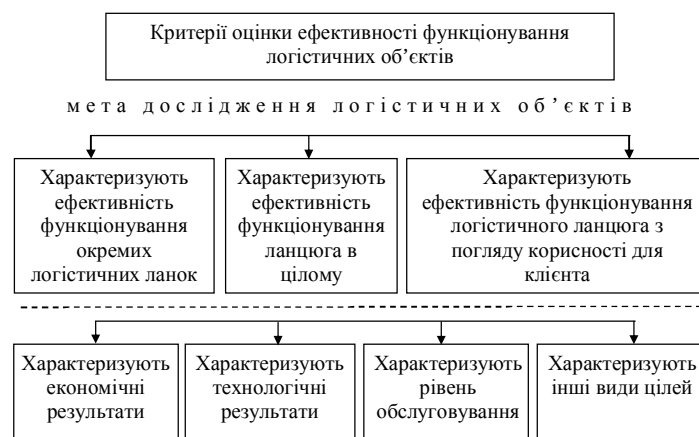


Рис. 1 - Класифікація критеріїв відповідно до мети дослідження логістичних об'єктів

схема дозволяє відслідковувати підсумкові результати діяльності за рядом оціночних показників, основні серед яких: здійснення замовлення, тривалість виконання замовлення, загальні витрати логістичного ланцюга, ефективність використання активів [7].

Використання технологічних показників, як правило, передбачає багатокритеріальну оцінку заходів, в той час як економічна ефективність заходів, як правило, характеризується одним критерієм. Використання декількох критеріїв, що характеризують економічну ефективність заходів, має місце при застосуванні методології проектного аналізу, яка також набула широкого розповсюдження при оцінці ефективності проектних рішень в логістиці [10]. В багатьох випадках технологічні і економічні показники застосовують в комплексі, наприклад, при формуванні системи збалансованих показників оцінки ефективності логістичної діяльності, або використовуючи певну з груп в якості критеріїв, а іншу як систему обмежень [8].

При використанні декількох критеріїв, наприклад, одночасне використання економічних і технологічних показників ефективності пропонованих заходів, як правило, не вдається знайти рішення, що було б найкращим одночасно по всіх цільових показниках. У цьому випадку ефективність заходу можна оцінювати за так званим компромісним рішенням, при якому мінімізуються поступки (відхилення від бажаних, оптимальних значень) по всім обраним показникам [9].

Сучасні критерії оцінки ефективності функціонування логістичних об'єктів розвиваються в межах розвитку концепцій логістичного сервісу, SCM, віртуального логістичного підприємства. Удосконаленню підлягають підходи до багатокритеріальної оцінки функціонування логістичних об'єктів (на основі [1, 8, 10]). Водночас з'являються нові критерії, в якості прикладу можна привести критерії «здатність до реагування», «схудлості», «готовності до адоптації», розглянуті в роботі [1].

Висновок

Результатом проведених досліджень є систематизація досвіду застосування критеріїв ефективності в логістичних системах. Визначення перспективи їх подальшого розвитку.

Список літератури: 1. Васелевський М. та ін. Економіка логістичних систем: Монографія / За наук, ред. Є. Крикавського та С. Кубіва. - Львів: Видавництво «Львівська політехніка», 2008. – 596 с. 2. Т.А. Воркут. Проектування систем транспортного обслуговування в ланцюгах постачань: Монографія – К.: НТУ, 2002. – 248 с. 3. Лактионова О.Е. Формирование логистических систем: методология и практика. Монография / НАН Украины. Ин-т экономики пром-сти. – Донецк, 2002. – 319 с. 4. В.В. Дыбская, Е.И. Зайцев, В.И. Сергеев, А.Н. Стерлигова. Логистика: Учебник / под ред. В. И. Сергеева. — М.: Эксмо, 2008. – 944 с. – (Полный курс MBA). 5. Николайчук В.Е., Кузнецов В.Г. Теория и практика управления материальными потоками (логистическая концепция): Монография. – Донецк: "КИТИС", 1999. – 413 с. 6. Горяїнов О.М., Рославцев Д.М. Автотранспорт в логістичних системах і ланцюгах. Монографія. – Харків: НТМТ, 2009. – 344 с. 7. Бауэрсокс Д.Д., Клосс Д.Д. Логистика: интегрированная цепь поставок: Пер. с англ. - М.: ЗАО «Олимп-Бизнес». 2001. - 640 с. 8. Григорян М.Г. Особенности использования сбалансированной системы показателей для логистического провайдера // Логистика и управление цепями поставок, №5, 2007.–с. 9-21. 9. Андреев Е.А. Планирование замены оборудования в логистической системе модернизации инфокоммуникаций // Интегрированная логистика, № 4, 2007. – с. 18-20. 10. Рославцев Д.М.

УДК 656:681.518.5

А.Н. ГОРЯИНОВ, канд. техн. наук, доц., ХНАГХ, г. Харьков

ВЫДЕЛЕНИЕ ОБЩИХ СВОЙСТВ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО ПОДХОДА ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ТРАНСПОРТУ

Проведено сравнение систем различной природы на основе взаимосвязи «техника - технология - экономика». Выделены общие и частные свойства применения диагностики на транспорте. Предложены объекты диагностирования на транспорте.

Ключевые слова: система, диагностика, транспорт, объект

Проведено порівняння систем різної природи на основі взаємозв'язку «техніка - техно-логія - економіка». Виділено загальні та часткові властивості застосування діагностики на транспорті. Запропоновано об'єкти діагностування на транспорті.

Ключові слова: система, діагностика, транспорт, об'єкт

Comparison of the various nature systems on the basis of interrelation «technique - technology - economy» is conducted. The general and local properties of diagnostics application on transport are designated. Objects of diagnosing on transport are offered.

Keywords: system, classification, diagnostics, transport, object

1.Введение

Развитие технических и технологических средств в сфере транспорта приводит к появлению новых задач в управлении. Это объясняется изменениями в свойствах систем транспорта. Появляются новые связи или изменяются существующие – как внутри системы, так и с внешней средой. Согласно [1, с.57] на стадии планирования находятся несколько новых транспортных систем, начались эксперименты с новыми средствами перемещения людей в городах, диспетчерскими системами вызова небольших транспортных средств и другое.

Особое влияние на происходящие изменения на транспорте оказывают информационные технологии и развитие логистического подхода, благодаря чему появляются новые возможности в повышении эффективности работы транспорта. Использование современных информационных технологий позволяет уменьшать сроки и повышать качество обработки грузов, что достигается благодаря более полному контролю исполнения технологического цикла и уменьшению потерь и нарушений при обработке грузов (согласно [2, с.110]).

Ввиду таких тенденций следует совершенствовать методологический аппарат управления системами транспорта, привнося в него новые инструменты. В качестве современного и апробированного инструмента, который представляет ценность для транспорта, можно назвать диагностику.

Диагностические методы используются в различных отраслях знаний человека, что делает диагностику универсальным подходом для исследования объектов различной природы. Поэтому рассмотрение опыта применения

диагностики в различных отраслях знаний и приложение его на транспортную сферу является актуальной и востребованной научной проблемой.

2. Анализ публикаций

Вопросам исследования диагностики как универсального инструмента в системах различной природы уделяется недостаточное внимание. В основном, такая информация рассредоточена в работах, которые носят более узкоспециализированный характер. И таких работ достаточно большое количество (особенно в медицинской, технической и др. областях) – например, [3, 4 и др.]. Как исключение, можно отметить работу [5], в которой присутствует описание применения диагностики для объектов различной природы.

В сфере транспорта в явном виде выделяют экономическую и техническую составляющие (например, [6, 7]). Технологический аспект транспорта, относящийся теоретически к экономической его составляющей, а фактически закрепленный за технической, остается вне исследований с позиций диагностики. В тоже время происходит повышение интереса со стороны исследователей именно к технологической составляющей (например, [8]). В данной работе автор вводит понятие «технологическая успешность».

Обобщая тенденции, которые можно наблюдать в различных исследованиях относительно обособления технологической части в отдельную систему, можно говорить о целесообразности выделения транспортных технологий в качестве объекта исследования с позиций диагностики.

3. Цель и постановка задачи

Целью данной работы является формирование общих свойств диагностики на транспорте, основываясь на аналогиях использования диагностики в системах другого вида.

4. Результаты исследования

В данной работе будем исходить из следующей взаимосвязи – «техника – технология – экономика». Соответственно, трансформируя, получаем – «техническая система – технологическая система – экономическая система». Далее, руководствуясь работой [5], сравним особенности использования диагностики в различных системах - табл.1.

Исследуя систему транспорта как технологическую систему следует обозначить что представляет собой транспортная технология. Согласно [8, с.193] «под транспортными технологиями понимается совокупность носителей технологических ресурсов (технических, энергетических, трудовых, физических), способов действий, трудомашинных процедур и ресурсопреобразующих процессов создания продукта транспорта, а также их научное описание с учетом правил перевозок и эксплуатационных качеств транспортно-дорожной инфраструктуры».

Опираясь на данное определение, а также, руководствуясь [9], в качестве элементов объектов диагностирования (ОД) на транспорте можно выделить: технологическое обеспечение (объекты транспортной инфраструктуры, подвижной состав и др.), предметы производства (грузы, люди), исполнителей (водители, диспетчера и др.).

Таблица 1 – Основные характеристики использования диагностики в различных системах (на основании [5, с.3-4]) (предлагается)

Характеристики диагностирования	Природные объекты	Искусственные объекты (на примере транспорта)		
	Биологические	Технические	Технологические	Экономические
Задача	Определить состояние объекта диагностирования (ОД) из заданного множества или сделать вывод, что состояние не принадлежит этому множеству (неизвестная болезнь)			
Состояние ОД	Кортеж состояний элементов ОД, с точностью до которых решается задача диагностики			
Элементы ОД	Органы и др.	Блоки, типовые элементы замены и др.	Технологическое обеспечение, предметы производства, исполнители и др.	Подразделения, работники и др.
Количество состояний элементов ОД	Не один десяток	Как правило, два – «исправный», «неисправный»	Несколько	От двух до нескольких
Участие человека	Человек или непосредственно принимает участие в процессе, или формирует базу знаний экспертной системы, которая потом может использоваться при диагностировании без его участия			

Учитывая, что элементами технологической системы (объекта) являются исполнители (люди), то, по аналогии с экономическими системами, принимаем, что количество состояний элементов ОД может быть более двух.

Находясь на стыке техники и экономики, технология обладает свойствами и техники, и экономики. В литературе можно встретить различные интерпретации показателей, элементов систем и т.п., которые подтверждают такую связь. Например, встречаются такие виды показателей и элементов – технико-эксплуатационные показатели [10, с.133], технико-экономические показатели [11, с.167], технико-технологические элементы [12, с.190] и др. Использование показателей подобных технико-экономическим, определенным образом нивелировало в прошлом роль технологии, что не способствовало выделению технологического аспекта на транспорте в отдельный объект исследований.

Далее сформируем характеристики ОД на транспорте в сравнении с техническими системами, отталкиваясь от связи «техника-технология» - табл. 2. Отметим при этом, что биологические и технические ОД являются во многом схожими (согласно [5, с.10]).

Данные табл.2 свидетельствуют о наличии тесной связи технических и технологических объектов. Одной из отличительных особенностей технологических объектов (систем) можно считать наличие исполнителей, что способствует самоорганизации таких систем и усложнению постановки диагноза. Также особо выделим такую характеристику как модель исправного ОД (образец для сравнения). Разрабатывая методологический аппарат диагностики на

транспорте следует учитывать возможность составления моделей систем транспорта на основе проектных документов.

Таблица 2 – Характеристика объектов диагностирования с учетом связи «техника - технология» (на основании [5, с.10-11]) (предлагается)

Характеристики	Объекты диагностирования		
	Биологические	Технические	Технологические (транспортные)
Возможность установления диагноза	Возможность установления диагноза с определенной достоверностью только неисправностей (болезней) из числа тех, что находятся в базе знаний (БЗ) системы диагностики		Более широкие возможности установления диагноза ввиду наличия самоорганизации
Описание неисправности (болезни)	Описание каждой из возможных болезней (неисправностей) множествами значений диагностических признаков (ДП)		
Процесс диагностирования	Каждый шаг процесса диагностирования может характеризоваться распределением вероятностей наличия в ОД неисправностей (болезней), что находятся в БЗ системы диагностики. Это распределение определяется распределением априорных вероятностей, а также множеством значений ДО, которые определены до начала текущего шага алгоритма диагностирования		
Завершение процесса диагностирования	Можно определить достижение допустимой для практики величиной вероятности диагноза, что является значением определенной функции, которое задано на текущем распределении вероятностей неисправности (болезни)		Возможно получение, наряду с количественными (вероятностными) значениями диагноза, качественных значений.
Оценка значения ОД	Процесс определения значения ДО целесообразно оценивать его стоимостью (временем), а также вероятностью результатов		
Оптимизация процесса диагностирования	Существует возможность оптимизации процесса диагностирования по критерию минимум средних затрат при заданных требованиях к достоверности результатов		
Модель исправного ОД	Модель ОД не может быть исчерпывающей	Возможность использования при диагностировании исчерпывающей модели ОД, построенной на основе проектной документации	

Аналогичным образом возможно проведение сравнения технологических объектов с экономическими объектами. В этом направлении следует воспользоваться наработками в области диагностического анализа. Полезными будут в этой связи работы [13; 14, с.98-110 и др.]. Отдельного исследования требуют вопросы согласования диагностики и понятия «технологической успешности», которое предложено в работе [8].

5. Выводы

1. Существует небольшое количество исследований, в которых освещаются вопросы применения диагностики для объектов различной природы. Это является сдерживающим фактором для распространения диагностики в разные сферы деятельности человека, в том числе и на транспортную сферу.

2. Современными тенденциями можно считать повышение интереса со стороны исследователей к технологической составляющей в общем, и технологической составляющей транспорта в частности. Учитывая существование технической и экономической диагностик, можно говорить о целесообразности применения инструментария диагностики именно на технологические системы транспорта.

3. Сравнительный анализ биологических, технических, экономических объектов позволил выделить общие и отличительные свойства транспортных (технологических) объектов (систем). Это может служить основой для формирования методологического аппарата диагностики на транспорте.

4. Одной из отличительных особенностей транспортной (технологической) системы от технической системы можно считать наличие исполнителей.

5. Представляет определенный научный интерес исследование вопросов создания моделей систем транспорта на основе проектной документации для целей диагностики. Создание подобных моделей может являться значимой частью разрабатываемых систем диагностирования на транспорте.

6. В дальнейшем следует провести исследования по сравнению технологических и экономических объектов на транспорте, а также исследовать современные подходы к рассмотрению транспортных технологий.

Список литературы: 1. Юн Г.Н., Омельченко А.Д. Создание скоростного наземного транспорта как этап решения проблемы, связанной с перегрузкой аэропортов, использованием земли, шумом и загрязнением воздуха / Вісник СНУ ім. В.Даля. Наук.журн. Гол.ред. Голубенко О.Л. №4 (146). Ч.1. – Луганськ: СНУ ім. В.Даля, 2010. – С.56-65. 2. Савченко Л.В. Информационная поддержка терминальных перевозок / Проблемы развития транспортной логистики: Тезисы докладов Второй межд. науч.-практ. конф. – Одесса: ОНМУ, 2010. – С.109-111. 3. Надежность и эффективность в технике. Справочник. В 10 т. Т.9. Техническая диагностика. Под ред. В.В.Клюева, П.П.Пархоменко. – М.:Машиностроение, 1986. – 351с. 4. Кравченко В.М., Сидоров В.А., Седуш В.Я. Технічне діагностування механічного обладнання. – Донецьк: Юго-Восток, 2007. – 446с. 5. Тоценко В.Г. Експертні системи діагностики і підтримки рішень. – Київ: Наукова думка, 2004. – 124с. 6. Говорущенко Н.Я., Варфоломеев В.Н. Техническая кибернетика транспорта. - Х.:ХГАДТУ, 2001. – 271с. 7. Говорущенко Н.Я., Варфоломеев В.Н. Экономическая кибернетика транспорта. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 2000. – 218с. 8. Хабутдінов Р.А. Системні принципи технологічної успішності автоперевезень по їх безпеці і ресурсоефективності / Управління проектами, системний аналіз і логістика. Наук.журн. Гол.ред. Дмитриченко М.Ф. Вип.5. – К.:НТУ, 2008. С.192-197. 9. ГОСТ 27.004-85. Надежность в технике. Системы технологические. Термины и определения. – Режим доступа: <http://www.complexdoc.ru/> - 21.12.2010. 10. Неруш Ю.М. Логистика. 3-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 495с. 11. Дмитриченко М.Ф. та ін. Транспортні технології в системах логістики. – Київ: ІНФОРМАВТОДОР, 2007. – 676с. 12. Нагловский С.Н. Логистика проектирования и менеджмента производственно-коммерческих систем. – Калуга: Манускрипт, 2002. – 336с. 13. Трайнев В.А., Киселев Б.Н., Котенок А.И., Руденко С.Н. Диагностический анализ с применением ЭВМ. – М.: МИУ, 1983. – 76с. 14. Менеджмент на транспорте. Под общ. ред. Н.Н.Громова, В.А.Персианова. – М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 528с.

Поступила в редколлегию 19.01.2011

И.Ш. НЕВЛЮДОВ, докт. техн. наук, профессор, ХНУРЭ, г. Харьков
В.В. ЕВСЕЕВ, канд. техн. наук, доцент, ХНУРЭ, г. Харьков
В.О. БОРТНИКОВА, студент, ХНУРЭ, г. Харьков

МОДЕЛИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ КОРПОРАТИВНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Рассматривается эффективность использования моделей жизненного цикла разработки программного обеспечения в соответствии с международным стандартом ISO/IEC 12207:1995 “Information Technology – Software Life Cycle Processes” для разработки программного обеспечения для корпоративных информационных систем технологической подготовки производства.

Ключевые слова: Жизненный цикл, программное обеспечение, корпоративно-информационные системы технологической подготовки производства.

Розглядається ефективність використання моделей життєвого циклу розробки програмного забезпечення у відповідності до міжнародного стандарту ISO/IEC 12207:1995 “Information Technology – Software Life Cycle Processes” для розробки програмного забезпечення для корпоративних інформаційних систем технологічної підготовки виробництва.

Ключові слова: Життєвий цикл, програмне забезпечення, корпоративно-інформаційні системи технологічної підготовки виробництва

Efficiency of software development life cycle models using is examined in accordance with the international standard of ISO/IEC 12207:1995 “Information Technology – Software Life Cycle Processes” for technological preproduction corporate informative systems software development.

Keywords: Life cycle, software, corporately-informative systems of technological preproduction.

1. Введение

Основной задачей, с которой сталкивается разработчик корпоративно-информационных систем технологической подготовки производства, является правильность организации и подхода при проектировании программного обеспечения на раннем этапе подготовки технического задания. В ходе этого этапа составляется не только техническое задание и требования к программному обеспечению, но и предварительно выбирается модель жизненного цикла, рассчитывается трудоемкость, стоимость и степень риска. От правильности выбора модели жизненного цикла зависит и успешность реализации программного обеспечения, в соответствии с международным стандартом ISO/IEC 12207:1995 “Information Technology – Software Life Cycle Processes”, в котором предложен ряд моделей жизненного цикла [1]. Однако стоит отметить, что проектирование корпоративных информационных систем технологической подготовки производства является сложной научно-технической задачей, в которой объединяется не только реализация основных функций CAD/CAM/CAE, но и специфических математических моделей и методов решения задач технологической подготовки производства [5]. Вследствие этого возникает

вопрос об эффективности использования стандартных моделей жизненного цикла при проектировании сложных корпоративно-информационных систем технологической подготовки производства.

2. Анализ моделей жизненного цикла программного обеспечения

Корпоративная информационная система – это масштабируемая система, предназначенная для комплексной автоматизации всех видов хозяйственной деятельности больших и средних предприятий, в том числе корпораций, состоящих из группы компаний, требующих единого управления производственными процессами при изготовлении изделий в зависимости от направления деятельности предприятия. Корпоративной информационной системой может считаться система, автоматизирующая более 80% подразделений предприятия. При её разработке стоит учесть специфику предприятия, последовательность выполнения и взаимосвязи процессов, действий и задач с многомодульным подходом к организации корпоративных систем. Выбор модели жизненного цикла зависит от предъявляемых заказчиком требований к сложности, функциональности программного обеспечения [2].

Наибольшее распространение получили следующие модели жизненного цикла разработки программного обеспечения, которые предложены в стандарте ISO/IEC 12207:

- waterfall model (каскадная модель);
- v-shaped model (V-образная модель);
- prototype model (модель прототипирования);
- rapid application development model или RAD-model (модель быстрой разработки приложений);
- incremental model (многопроходная модель);
- spiral model (спиральная модель).

Проведем анализ каждой модели жизненного цикла программного обеспечения для определения её возможностей, при использовании на раннем этапе проектирования технического задания для корпоративно-информационных систем технологической подготовки производства.

Waterfall model (каскадная модель) – применялась при разработке однородных информационных систем в 1970-1980 годах, когда программное обеспечение представляло собой единое целое. Основные этапы каскадной модели представлены на рисунке 1.



Рис. 1. Основные этапы каскадной модели

Принципиальная особенность каскадной модели заключается в том, что переход между этапами осуществляется только после полного завершения работ на предыдущем этапе модели. Это связано с тем, что результаты, полученные при выполнении этапа, являются исходными данными для следующего этапа. При

этом требования, предъявляемые в техническом задании на программное обеспечение, строго документируются и фиксируются на все время выполнения разработки.

Данная модель хорошо зарекомендовала себя при разработке программного обеспечения, для которого достаточно точно или полностью сформулировано техническое задание, а, следовательно, можно точно рассчитать трудоёмкость и стоимость разработки. Однако применение данной модели при проектировании программного обеспечения для корпоративных информационных систем невозможно с той точки зрения, что реальный процесс проектирования никогда не укладывается в жесткую схему каскадной модели, результаты очередного этапа часто вызывают изменения в проектных решениях, выработанных на предыдущих этапах. Это заставляет постоянно возвращаться к предыдущим этапам и вносить изменения и уточнения в ранее принятые решения. Вследствие этого заказчики могут внести изменения только в конце каждого этапа и при условии, что эти изменения не затрагивают требований, изложенных в техническом задании. Как правило, это является задержкой при получении результатов, в то же время возрастает риск разработки программного обеспечения, неудовлетворяющего потребностям пользователя.

V-shapetd model (V-образная модель) – основана на систематическом подходе к разработке программного обеспечения и определяет четыре базовых этапа проектирования: анализ, проектирование, разработка и обзор. Она является разновидностью каскадной модели, в которой уделяется большое внимание верификации и аттестации программного обеспечения. Структура V-образной модели представлена на рисунке 2.

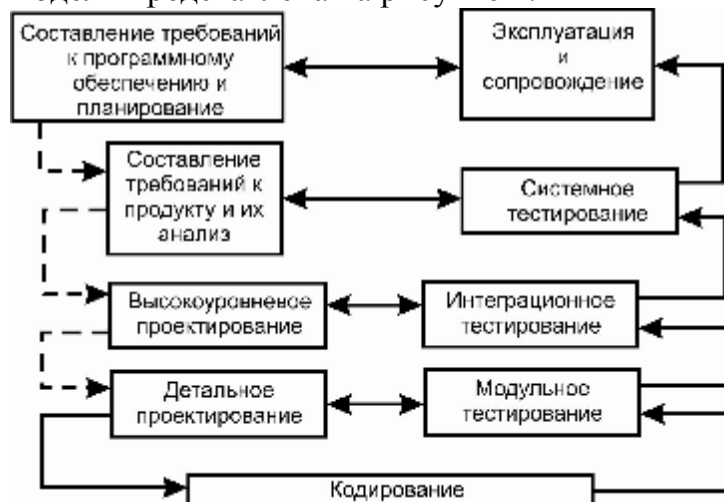


Рис. 2. Структура V-образной модели

Пунктирные стрелки указывают на выполнение этапов параллельно основным (определяются системные требования к программному обеспечению и выполняется планирование работ). Они объединены с такими этапами: составление требований к продукту и их анализ (составляется полное техническое задание); высокоуровневое проектирование (определяется

структура программного обеспечения и внутренние связи); детальное проектирование (определяется алгоритм работы каждого компонента). При таком подходе уделяется большая роль верификации и аттестации программного обеспечения, начиная с ранних этапов проектирования, что позволяет легко отслеживать ход работы, а также выполнение каждого этапа, так как завершение каждого этапа является контрольной точкой.

Однако, основными недостатками данной модели с точки зрения применения ее при проектировании корпоративных систем можно считать следующие: не учитывается интеграция между этапами; нет возможности внесения изменений на разных этапах жизненного цикла; тестирование требований происходит слишком поздно, следовательно, внесение изменений влияет на график выполнения работ. Это не позволяет точно рассчитать трудоёмкость и стоимость разработки.

Prototype model (модель прототипирования) – позволяет создать прототип программного обеспечения до или в течение составления технического задания. Потенциальный заказчик работает с прототипом, определяет его сильные и слабые стороны, а результаты сообщает разработчику [3]. В результате обеспечивается взаимная связь между разработчиком и заказчиком, которая используется для изменений и корректировки прототипа. Модель прототипирования представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Модель прототипирования

Этот процесс продолжается до тех пор, пока заказчик не будет удовлетворен степенью соответствия прототипа требованиям, предъявляемым к программному обеспечению в техническом задании. Данный подход обладает рядом преимуществ: взаимодействие заказчика и разработчика программного обеспечения начинается на раннем этапе; заказчик всегда видит прогресс в процессе разработки; прототип представляет собой формальную спецификацию будущего программного обеспечения. Однако, кроме указанных достоинств, данная модель имеет ряд недостатков при проектировании корпоративных систем: решение сложных технических, технологических и специфических задач отодвигается на последний этап, что неприемлемо при разработке корпоративных систем вследствие того, что они есть первичные функции, необходимые заказчику (заказчик может предпочесть получение прототипа, а не законченную полную версию программного обеспечения). Разработка прототипа может неоправданно затянуться в связи с неизвестностью количества выполненных итераций во время разработки прототипа, что увеличивает трудоемкость и стоимость разработки.

Rapid Application Development model (RAD-model) – в отличие от предыдущих моделей, в RAD-model заказчик играет решающую роль, в тесном взаимодействии с разработчиками программного обеспечения он участвует в

формировании технического задания и апробации прототипа. Модель обладает рядом преимуществ: использование современных инструментальных средств позволяет сократить трудоёмкость разработки; привлечение заказчика на этапах составления требований и разработки интерфейса пользователя, что сводит к минимуму риск получения программного продукта, которым останется не доволен заказчик; повторно используются компоненты уже существующих программ. Основные этапы RAD-model показаны на рисунке 4.

Однако данная модель при ряде преимуществ имеет ряд недостатков, связанных с разработкой корпоративных систем: в зависимости от специфики разрабатываемого программного обеспечения, использование компонентов существующих программ невозможно или сведено к

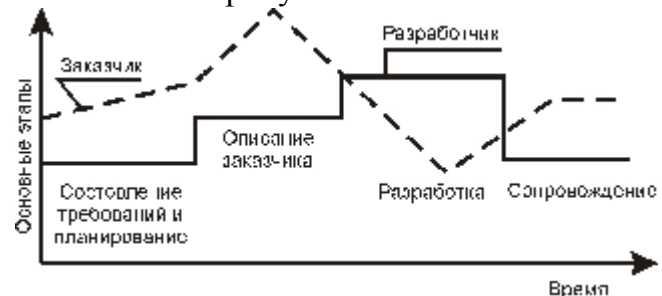


Рис. 4. Основные этапы RAD-model

минимуму; существует большой риск, что разработка корпоративной системы никогда не будет закончена, в связи с заикливанием работ по ее разработке.

Так, RAD-model рекомендуется использовать при разработке программного обеспечения, которое хорошо поддается моделированию, когда требования технического задания хорошо известны, и заказчик может принимать непосредственное участие в процессе разработки.

Incremental model (многопроходная модель) – состоит из объединения процесса построения программного обеспечения с добавлением на каждой интеграции новых функциональных возможностей или повышением эффективности программного обеспечения. Данная модель предполагает, что на начальном этапе жизненного цикла разработки выполняется конструирование программного обеспечения в целом и определяется число инкрементов и относящихся к ним функций. Далее каждый инкремент проходит через оставшиеся этапы жизненного цикла (кодирование и тестирование) [4].

Сначала выполняется конструирование, тестирование и реализация базовых функций, а в последующих интеграциях разработка программного обеспечения направлена на улучшение таких возможностей, как: создание генераторов отчетов, построение графиков зависимости и т.д. Используя данный подход, Incremental model обладает такими преимуществами: в начале разработки требуются средства для реализации основных функций программного обеспечения; после каждого инкремента заказчик получает функциональный продукт; инкременты функциональных возможностей легко поддаются тестированию. Многопроходная модель представлена на рисунке 5.

Однако, данная модель имеет следующие недостатки: не предусмотрены этапы интеграции внутри каждого инкремента; полная функциональность программного обеспечения должна быть указана в начале жизненного цикла в техническом задании; есть возможность тенденции оттягивания решений сложных задач на завершающем этапе; общие затраты трудоёмкости и стоимости программного обеспечения не снижаются по сравнению с другими моделями;

обязательным условием данной модели является наличие хорошего планирования и проектирования программного обеспечения.

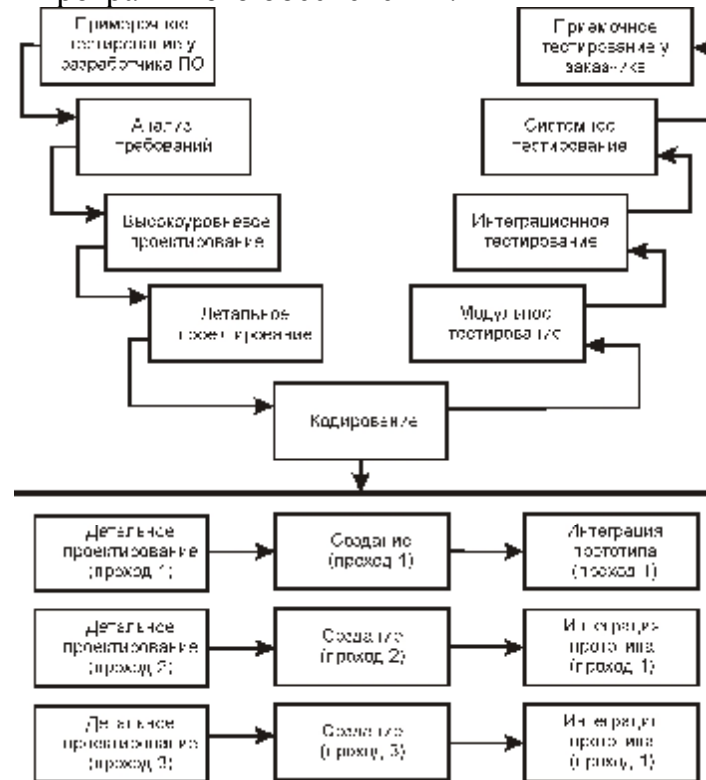


Рис. 5. Многопроходная модель

В результате приведенных выше недостатков данную модель рекомендуют использовать при проектировании программного обеспечения при условии заранее сформулированных требований и выделения для выполнения большого периода времени.

Spiral model (спиральная модель) – особенность данной модели заключается в том, что прикладное программное обеспечение создается не сразу, а по частям (модулям) с использованием метода прототипирования. В данной модели прототип – действующее программное обеспечение, реализующее отдельные функции и внешний интерфейс пользователя. Создание прототипа осуществляется за несколько итераций (витков спирали), каждая итерация соответствует созданию фрагмента или версии программного обеспечения, на которой уточняются цели и характеристики, оценивается качество полученных результатов, а также проводится тщательный анализ риска превышения трудоёмкости и стоимости программного обеспечения. Разработка программного обеспечения итерациями отображает объективно существующий спиральный цикл, позволяя переходить на следующую стадию, не дожидаясь полного завершения работ на текущей стадии, поскольку при итеративном способе разработки недостающие работы можно сделать на следующей итерации. Основные этапы спиральной модели представлены на рисунке 6.

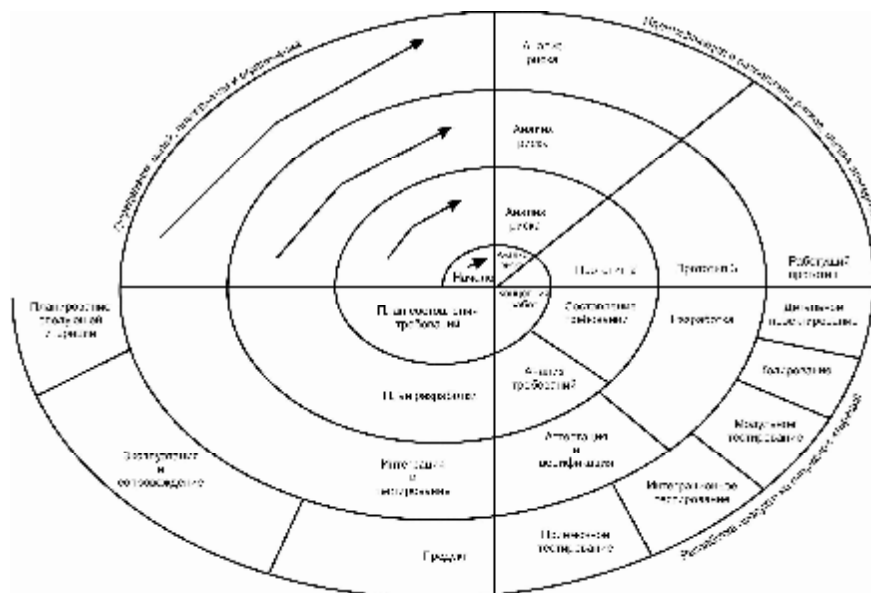


Рис. 6. Спиральная модель

Спиральная модель обладает следующими достоинствами: заказчик принимает активное участие при разработке программного обеспечения; заказчик может увидеть разрабатываемое программное обеспечение на ранних стадиях; спиральная модель объединяет преимущества каскадной и многопроходной модели. К недостаткам данной модели можно отнести следующие: план работы составляется на основе статистических данных, полученных в предыдущих проектах и из личного опыта разработчика; спиральная модель может продолжаться бесконечно, в результате предложений заказчика, которые могут породить новую спираль, а, следовательно, увеличить трудоёмкость, стоимость и время разработки программного обеспечения.

3. Выводы

В ходе анализа стандарта ISO/IEC 12207[5] и моделей жизненного цикла разработки программного обеспечения можно сделать вывод о том, что в стандарте не предлагаются конкретные модели жизненного цикла и методы разработки программного обеспечения для корпоративных систем технологической подготовки производства. Положения стандарта являются общими для любых моделей жизненного цикла методов и технологий разработки, что не позволяет использовать конкретные модели жизненного цикла для решения задач оценки трудоёмкости, стоимости и риска разработки программного обеспечения для корпоративных информационных систем технологической подготовки производства с учетом их специфики и сложности научно-технической реализации на раннем этапе жизненного цикла.

Список литературы: 1. ISO/IEC 12207:1995 Standard for Information Technology–Software life cycle processes – Description. 2. Технологии разработки программного обеспечения: Учебник / С. Орлов. – СПб.: Питер, 2002. – 464 с. 3. Ерик Дж. Брауде Технология разработки программного обеспечения. – СПб.: Питер, 2004. – 655 с. 4. Благодатских В.А. Стандартизация разработки программных средств: Учеб. пособие / В.А. Благодатских, В.А. Волнин, К.Ф. Посакалов; Под ред. О.С. Разумова. – М.: Финансы и статистика, 2005. – 288 с: ил. 5. Невлюдов И.Ш., Андруевич А.А. Евсеев В.В. Анализ жизненного цикла разработки

УДК 681.3.06

А.В. ПРОХОРОВ, канд. техн. наук, доцент, НАУ
им Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт»
Ю.Н. СТРАШНЕНКО, аспирант, НАУ им Н.Е. Жуковского
«Харьковский авиационный институт»

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ АГЕНТОВ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ РЕСУРСАМИ БАНКА

Представлены общие принципы взаимодействия агентов имитационной модели. Предлагается решение основных задач управления финансовыми ресурсами коммерческого банка и формальное описание онтологических моделей знаний агентов для системы моделирования. Ключевые слова: агент, протоколы взаимодействия, трансфертное ценообразование, онтология.

Дано загальні принципи взаємодій агентів імітаційної моделі. Пропонується вирішення головних задач управління фінансовими ресурсами комерційного банку, формальний опис онтологічних моделей знань агентів для системи моделювання. Ключові слова: агент, протоколи взаємодій, трансфертне ціноутворення, онтологія.

The article represents general principles of agent's interrelation in imitation model. It was suggested making decision of bankroll management tasks. It was described dummy ontological knowledge models of agents for modeling system. Key words: agent, protocols of interrelation, transfer pricing, ontology.

Введение

Развитие современной банковской системы во многом обусловлено векторами развития мировой банковской сферы. Международные стандарты банковской деятельности, известные как система Базель II, переход на которые намечен для Украины в долгосрочном периоде до 2016г., смещают акценты из математического расчета показателей/коэффициентов в направлении оценки качества управления, что потребует от банков предельной автоматизации аналитических процедур и создания новых моделей, позволяющих как в глобальном масштабе, так и в каждом дочернем банке или компании финансового сектора видеть изменение качества активов [1].

В этих условиях актуальной является задача моделирования процессов управления финансовыми ресурсами банка и принятия решений в очень сложной и динамичной среде на основе согласования интересов различных участников банковского процесса.

1. Анализ последних исследований и публикаций

Наиболее актуальным и перспективным направлением исследования в настоящее время является создание систем имитационного моделирования на основе мультиагентного подхода. Рассмотренные особенности, связанные с моделированием процессов управления финансовыми ресурсами банка, хорошо

соответствуют идеям, положенным в основу теории агентных систем. Мультиагентные системы строятся из множества индивидуальных взаимодействующих элементов – агентов, совместно решающих поставленную задачу в распределенных средах. Перспективы использования мультиагентного подхода для рассматриваемых задач обусловлены преимуществами, которые он предоставляет для распределенных интеллектуальных бизнес приложений: автономность агентов, индивидуальное поведение (от простых условий до логического вывода решений), возможность обучения и адаптации, координация их действий. Отличительная особенность заключается в том, что мы не моделируем или проектируем всю систему (что особенно важно, поскольку банк представляет собой сложный объект моделирования, требующий, прежде всего, комплексного подхода), а только описываем агентов, а глобальное поведение и состояние системы формируется как результат их локального поведения и взаимодействия, вплоть до появления эмерджентного интеллекта.

Модели системной динамики отвечают основным принципам работы коммерческого банка, функции которого в самом общем виде заключаются в «преобразовании» потока привлеченных ресурсов в поток активных операций, что позволяет представить банк в виде динамической системы – совокупности взаимодействия темпов и уровней, которые полностью описывают его состояние в любой момент времени [2]. На сегодняшний день существует ряд моделей банковских процессов выполненных с помощью инструментальных средств PowerSim и iThink [3].

Онтология является формальным описанием (концептуализацией) предметной области и правил принятия решений, которое служит для упрощения программирования поведения агентов и используется ими при взаимодействии. Таким образом, онтологическая база знаний, которая становится основным элементом программного агента системы, дающим ему возможность принимать решения, планировать действия, взаимодействовать с другими агентами, содержит модели концептуальных понятий, отношений предметной области и правила для анализа и ситуативной ориентации.

Вокруг проблематики онтологического моделирования в банковской деятельности в отечественных исследованиях наблюдается научный вакуум, в то время как у зарубежных авторов есть работы, посвященные теоретическим и методическим аспектам использования онтологий в банковском менеджменте [4,5,6]. Финансовая онтология здесь рассматривается как концептуальная основа для адекватной поддержки процессов управления банковской сферы с обеспечением адаптируемой к изменяющимся условиям эксплуатации, гибкой и легко интегрируемой архитектуры программного обеспечения.

2. Цель исследований

Целью данной работы является описание взаимодействия агентов знаниеориентированной системы имитационного моделирования процессов управления финансовыми ресурсами банка [2] в условиях принятия решений, основываясь на теорию трансфертного ценообразования, и разработку онтологической базы знаний, применение механизма логического вывода.

3. Основные положения теории трансфертного ценообразования при моделировании финансовых потоков банка

Одной из центральных задач при агентном моделировании финансовых потоков банка является формирование множества альтернативных вариантов привлечения и размещения ресурсов. В этом случае простейший вариант организации мультиагентного сообщества при решении задач по распределению ресурсов может быть основан на взаимодействии агентов привлечения и агентов размещения, выполняющих поиск соответствия на внутрибанковском или внешнем рынках ресурсов.

Использование понятия аукциона в переговорах агентов обеспечивает возможность явной передачи «полезности» (в виде цены) от одного агента к другому. Аукцион выступает в качестве рыночного механизма самоорганизации коллективного поведения, и с его помощью можно сконструировать такую схему торгов, которая обеспечит требуемые свойства мультиагентной системы. На аукционе некоторые ресурсы, необходимые для достижения цели несколькими агентами, выставляются на «продажу».

В банковской практике бюджетного управления трансфертная цена ресурса – это внутренняя цена на финансовые ресурсы, перераспределяемые внутри банка от одного центра ответственности другому. Центры прибыли — это одновременно и центры затрат, но не все центры затрат являются центрами прибыли. Если какой-либо агент работает только на привлечение (размещение) ресурсов и не проводит активных (пассивных) операций, то он изначально не может иметь прибыль, и его баланс состоит только из расходной (доходной) части.

Основным положением разработанной модели [2] является то, что все привлеченные ресурсы продаются по трансфертной ставке агенту- казначейству, все размещенные ресурсы приобретаются у агента-казначейства по трансфертной ставке. При этом пассивные агенты выдают в казначейство прогноз поступлений-выплат на определенную перспективу. Активно-пассивные агенты (например, управления ценных бумаг, МБК) продают ресурсы в агент-казначейство по мере необходимости (казначейству) или по мере возникновения излишков ресурсов. При недостатке ресурсов у них они покупают ресурсы у казначейства. Но казначейство может им и отказать в выделении ресурсов, если имеется в данный момент дефицит ликвидности. Они же выдают в казначейство информацию о планируемых поступлениях, вложениях и выплатах на определенную перспективу. Активные агенты покупают ресурсы по трансфертной стоимости у казначейства. Они же выдают в казначейство информацию о планируемых размещениях-возвратах.

Исходя из структуры того или иного портфеля, агент-казначейство устанавливает трансфертные ставки $r(ap, i, j)$ для каждого вида актива/пассива ap с учетом срочности i и валюты номинала j . Для установки трансфертных ставок агенту-казначейству необходимо решить две задачи. Первая – найти для ресурса $ap(i,j)$ операционную маржу как разницу между стоимостью привлечения и размещения средств. Например, стоимость привлечения срочных вкладов - 9%, а стоимость размещения - 21%. В этом случае операционная маржа равна 21% - 9%

= 12%. Вторая – разделить операционную маржу между агентами. Например, можно принять соотношение 1:2, когда 1 часть операционной части достается привлекающему агенту, а 2 части - размещающему, за то, что он несет больший риск и зарабатывает реальный доход. Здесь можно использовать различные методы расчета операционной маржи и способа ее деления.

Однако существенным недостатком механизма трансфертного ценообразования на рыночной основе является то, что при установлении внутренних цен фактически не учитывается затратная база процесса формирования ресурсов агентами привлечения. Решить эту проблему можно путем установления внутренней цены на базе показателя достаточной маржи, основное назначение которой — покрыть издержки агентов по формированию ресурса. Трансфертная стоимость для пассивных агентов считается как сумма процентных расходов привлекающих агентов, общебанковских расходов привлекающих агентов и нормы процентной маржи для привлекающих подразделений. Такая схема трансфертного ценообразования позволяет оценить привлекаемые на рынке ресурсы и активные вложения агентов модели по текущим рыночным ставкам и получить чистую процентную маржу агентов с учетом кредитного риска заемщика. Еще одним важным моментом здесь является то, что норма процентной маржи, на базе которой определяется стоимость ресурсов, устанавливается коллегиально путем сбора и согласования заявок от агентов.

Трансфертная ставка не зависит от направления сделки – привлечения или размещения, таким образом предполагается, что агент-казначейство не получает процентную маржу от перераспределения ресурсов одной срочности и номинированных в одной валюте, поскольку его основной задачей является урегулирование структуры баланса банка, а не извлечение прибыли. Агент-казначейство осуществляет расчет платежных позиций (по коррсчетам, МФО, кассам, информации о поступлениях, информации о выплатах и размещении, внебалансовых и срочных позициях и т.п.). Агент-казначейство также осуществляет краткосрочные операции с целью покрытия дефицитов ликвидности и размещения излишков ликвидности (в основном через агента межбанковских кредитов).

4. Особенности взаимодействия агентов имитационной модели

Основным механизмом взаимодействия агентов становятся переговоры на заключение внутренних трансфертных сделок по привлечению/размещению ресурсов между агентами прибыли и затрат и агентом-казначейством. Подразделения, занятые привлечением ресурсов, направляют агенту-казначейству информацию о продаже ресурсов внутри банка по трансфертной ставке размещения, а подразделения, размещающие ресурсы, подают агенту-казначейству заявки на фондирование по трансфертной ставке привлечения.

Таким образом, все срочные привлеченные ресурсы продаются агенту-казначейству предоставлением заявки на размещение. Все срочные активы фондируются путем предоставления агенту-казначейству заявки на фондирование. В заявке обязательно указываются объем, валюта и срок ресурса. Все пассивные агенты формируют заявки на платежи в систему.

Агент-казначейство фиксирует заявки в своей базе, контролирует лимиты и акцептует их, согласуясь с состоянием ресурсов, текущей ликвидностью и допустимыми рисками. Здесь определяется текущая платежная позиция, которая выявляет недостаток или избыток ресурсов на определенный срок: при недостатке требуется привлечение ресурсов; при избытке – размещение ресурсов.

Размещение ресурсов осуществляется соответственно определенных приоритетов, назначение которых – это решение проблемы объединения достижения целевых установок по показателям ликвидности и прибыльности. Трансфертное перераспределение ресурсов является механизмом по их оперативному управлению, а мультиагентный подход и поддерживающие его технологии реализации дают возможность управления ресурсами в режиме реального времени.

На агентов метауровня (*Liquidity*, *Profit* и др.) возлагаются обязанности, связанные с координацией действий других агентов при разрешении (перепланирование, перераспределение ресурсов, использование резервов и др.) возникающих конфликтных или рискованных событий в системе. Такими агентами являются, например, агент ликвидности, доходности и др.

Каждому агенту в модели назначается свой перечень показателей-индикаторов, мониторинг которых может указывать на приближение или наступление нежелательных (рисковых) ситуаций. Превышение значениями индикаторов установленных пределов является основанием для активации различных механизмов и ситуативных сценариев. Так при снижении платежной позиции ниже предельного значения автоматически включается балансирующий механизм для поддержания ликвидности. Если имеет место дефицит ликвидности, то он может быть ликвидирован произвольной комбинацией следующих способов: оперативное привлечение недостающих ресурсов на рынке межбанковских кредитов, в том числе и под залог определенной части ликвидных активов; продажа (ликвидация) части финансовых инструментов из состава портфеля высоколиквидных активов.

В этом случае, когда необходим поиск наиболее подходящего варианта решения задачи, используется протокол, основанный на *Contract Net Protocol*. Согласно этому протоколу инициатор подготавливает запрос на предложения *call-for-proposals* от других агентов, в котором определяет задачу, а также некоторые условия, связанные с ее выполнением. Агенты, получающие этот запрос, начинают отрабатывать свой сценарий потенциального варианта разрешения ситуации. При этом некоторые из параметров агентами фиксируются на прежних значениях, например, величина имущества, источников собственных средств и расчетов банка. В качестве сценариев поиска могут быть заданы различные критерии. Соответственно по каждому сценарию получаем свой поток платежей и траекторию изменения финансового состояния с дальнейшим сопоставлением полученных результатов. В итоге будет выбран агент в наибольшей степени отвечающий выдвинутым требованиям и целям.

5. Формальное описание моделей знаний агентов

Основным элементом программного агента мультиагентной системы, дающим ему возможность принимать решения, планировать действия,

взаимодействовать с другими агентами, является база знаний, содержащая модели концептуальных понятий, отношений и правила для анализа и ситуативной ориентации. В качестве средства структурирования и представления информации в таких системах используются онтологии. Преимущества использования онтологий в мультиагентных системах очень важны: общее (разделяемое) понимание агентами предметной области, знания предметной области можно формулировать независимо от реализации системы, успешное взаимодействие агентов и упрощение их программирования. Совместное применение онтологий программными агентами предоставляет возможность накопления и повторного использования знаний, для создания имитационных моделей и программ, оперирующих онтологиями, а не жестко заданными структурами данных и алгоритмами.

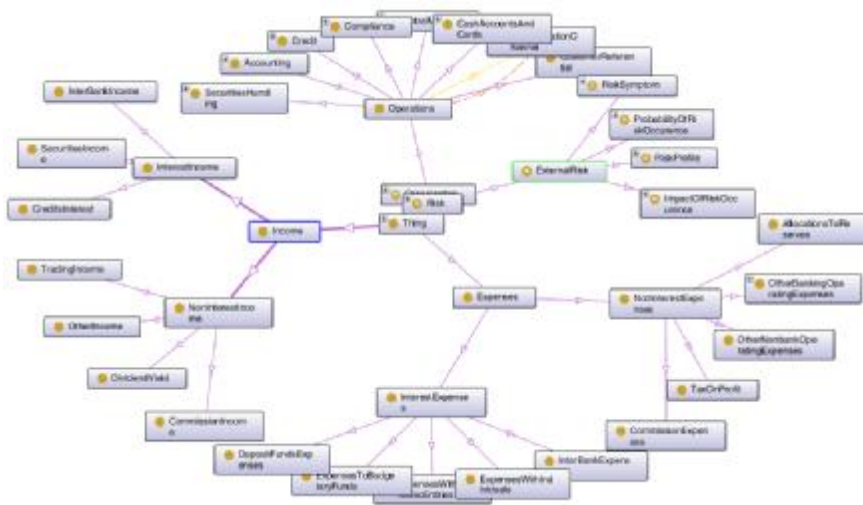
Специализация каждого агента отражается подмножеством узлов онтологии. Некоторая часть онтологических баз знаний является общей для всех агентов, и именно эта часть знаний является тем фрагментом, который должен играть роль общего контекста или общих знаний.

Причем, для сложной динамической системы, какой является банк, онтология должна быть концептуализацией, открытой для пополнения новыми знаниями. Подобная специфика, означает возможность модификации онтологии непосредственно в сеансе ее использования. Одно из решений этой задачи состоит как раз в поиске общих понятий в требуемых предметных областях, поскольку на уровне базовых понятий все знания совпадают, а конкретными данными эти общие понятия наполняются только при определении конкретного домена. Это приводит к тому, что формально можно разделить онтологию на три уровня: общий, уровень поведений и частный. Верхний уровень должен содержать определения основных понятий и действий. Второй уровень будет использоваться для описания поведения системы. Здесь будут храниться данные обо всех алгоритмах, обеспечивающих реакцию агента на различные события. На третьем уровне уже должны содержаться описания конкретных понятий предметной области моделирования. Элементы этого уровня онтологии будут наследоваться, расширять понятия первого уровня.

Построение онтологии решает задачу формирования единого информационного пространства управления финансовыми ресурсами банка. Таким образом, для обеспечения взаимодействия агентов задается онтология, представляющая собой таксономию понятий, расширенную некоторыми правилами-аксиомами. Эти правила специфицируются на некотором языке представления знаний, а агенты могут использовать эти знания для логического вывода. Для описания знаний выбран язык OWL (*Web Ontology Language*). С точки зрения OWL онтология $O = \langle T, A, R, Dom, C, F \rangle$ представляет собой описание понятий (классов) T *owl:Class* в рассматриваемой предметной области, свойств *owl:ObjectProperty* каждого понятия, описывающих различные атрибуты A и отношения R понятия, с учетом множества допустимых значений определяемым доменом Dom и ограничений C *owl:Restriction*, наложенных на свойства. Произвольная группа элементов онтологии может образовывать фрагмент F .

На рис. 1. представлен фрагмент онтологической модели, разделяемой всеми агентами системы моделирования. Онтология для данной системы разрабатывалась в системе Protégé.

Например, из онтологии видно, что класс процентный доход банка объединяет классы доходов от начисленных и полученных процентов по ссудам, предоставленным клиентам; доходов от продажи кредитных ресурсов другим банкам; процентов, полученных от обращающихся на рынке ценных бумаг, а также прочих процентных доходов.



Заключение

На основе разработанной модели [2] возможно решение различных аналитических и планово-прогнозных задач. При этом агентные модели децентрализованы и поведение агентов определяется на индивидуальном уровне. Рассмотренный в работе подход позволяет решить задачу совместного применения онтологий программными агентами, для возможности накопления и повторного использования знаний, для создания имитационных моделей и программ, оперирующих онтологиями, а не жестко заданными структурами данных, для анализа знаний в предметной области. При этом динамичность рассматриваемых процессов не потребует программных изменений в структуре самих агентов, а поддерживается корректировкой и пополнением онтологической базы знаний.

Список литературы: 1. Ліквідність банку: окремі аспекти управління та світовий досвід регулювання і нагляду: Науково-аналітичні матеріали. Вип. 11 / В.С. Стельмах, В.І. Міщенко, В.В. Крилова, Р.М. Набок, О.Г. Приходько, Н.В. Гришук. – К.: Національний банк України. Центр наукових досліджень. 2008. – 220 с. 2. Прохоров А.В., Страшенко Ю.Н. Знаниеориентированная агентная модель анализа процессов управления финансовыми ресурсами банка // Східно-Європейський журнал передових технологій.- 2011.- №1.- С. - . 3. Galbiati Marco, Soramaki Kimmo An agent-based model of payment systems // Bank of England. – 2008, Working papers No. 352. 4. Bahadir Baran Odevci Ontology-driven, Rule-based, Service-Oriented Business Abstraction Tier // IT Architecture Practitioners Conference, Dublin 2005 - <http://logic.stanford.edu/sharing/papers/NEC-Bank.pdf>. 5. Colin Atkinson, Christian Cuske, Tilo Dickopp Concepts for an Ontology-centric Technology Risk Management Architecture in the Banking Industry // 10th IEEE International Enterprise Distributed Object Computing Conference Workshops, IEEE International, 2006, p. 21. 6. Corcho O, Losada S, Martinez Montes M, Bas JL, Bellido S, (2004) Financial Ontology. DIP deliverable D10.3 // <http://cms.dt.uh.edu/Faculty/ChenP/IR/D10.3-Financial-ontology.pdf>.

Поступила в редколлегию 23.01.2011

УДК 519.863

И.В. КОНОНЕНКО, докт. техн. наук, профессор, НТУ «ХПИ»
И.В.ПРОТАСОВ, соискатель, НТУ «ХПИ»

МОДЕЛЬ САМОУПРАВЛЕНИЯ СОДЕРЖАНИЕМ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ВЛАДЕЛЬЦА БИЗНЕСА

В работе предлагается модель самоуправления содержанием деятельности владельца бизнеса, основанная на применении процессного подхода. Модель объединяет наиболее важные процессы формирования личной стратегии, а также процессы управления ее осуществлением. Ключевые слова: владелец бизнеса, деятельность, самоуправление, модель, процессный подход.

В роботі запропоновано модель самоуправління змістом діяльності власника бізнесу, яку засновано на використанні процесного підходу. Модель об'єднує найбільш важливі процеси формування особистої стратегії, а також процеси управління її здійсненням. Ключові слова: власник бізнесу, діяльність, самоуправління, модель, процесний підхід.

A business owner activity scope self-management model has been proposed. The model is build with a process approach usage. The model combines most important processes of a personal strategy formation and realization management processes.

Key words: business owner, activity, self-management, model, process approach.

Для успеха управления развитием производственно-экономических систем масштаба предприятия, корпорации, холдинга огромное значение, а часто определяющее, имеют личные качества владельца бизнеса или группы таких владельцев. Цели, которые они ставят, настойчивость в их достижении, квалификация в менеджменте, способность рисковать, смелость, устойчивость к стрессам и многое другое определяют успех бизнеса. Инициирование проектов и программ, идеи, которые в них закладываются, также самым существенным образом зависят от владельца бизнеса. Знания и умения владельца бизнеса в области самоуправления, наряду с врожденными качествами, позволяют добиться высоких результатов, о чем свидетельствуют многочисленные примеры. Следует отметить, что, несмотря на обилие литературы, посвященной саморазвитию личности бизнесмена [1-4], имеющиеся рекомендации не представлены в виде последовательности процессов, удобной для усвоения и повторения.

Цель работы: создание модели самоуправления содержанием деятельности владельца бизнеса, которая бы интегрировала наиболее важные достижения в этой области и представляла их в виде совокупности процессов. Данная модель должна позволить повысить эффективность управления бизнесом.

В работе предлагается модель самоуправления содержанием деятельности владельца бизнеса, основанная на применении процессного подхода. Модель объединяет наиболее важные процессы формирования личной стратегии, а также процессы управления ее осуществлением. Схематически модель показана на рисунке. Она выполнена с использованием нотации IDEF0.

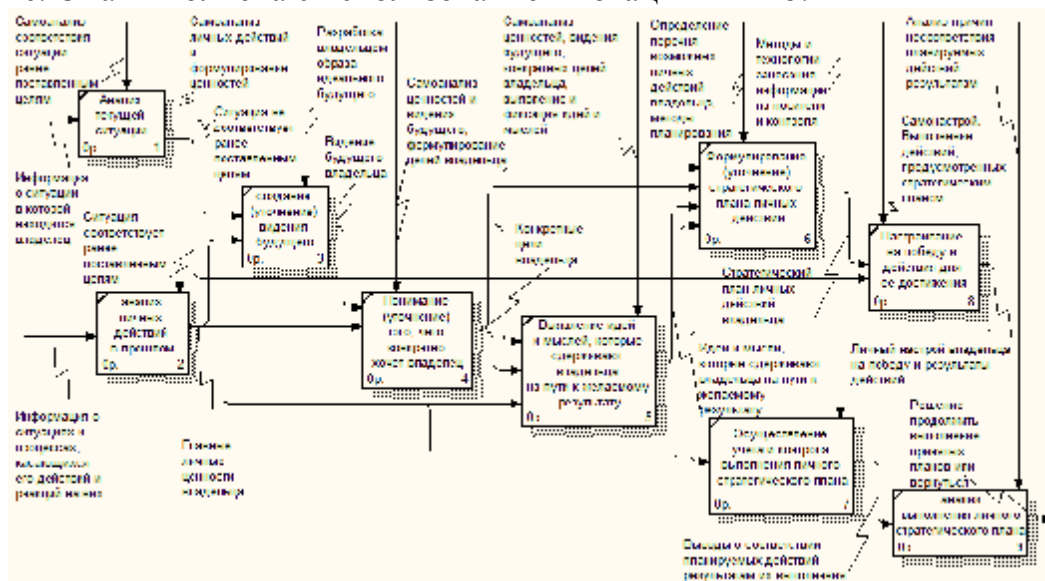


Рис. Группа процессов самоуправления содержанием деятельности владельца

Для того чтобы сосредоточить внимание на входах, выходах, управлениях, функциях, в схеме на рисунке механизмы не отражены. В данном случае механизмы – это сам владелец бизнеса с основными средствами, которые принадлежат ему или которыми он распоряжается.

Рассмотрим последовательно процессы самоуправления содержанием деятельности владельца, которые образуют отдельную группу в совокупности процессов управления содержанием проектов и программ развития компании.

Процесс 1: анализ текущей ситуации – соответствует ли она ожиданиям и ведет ли к желаемой цели

Вход.

Информация о ситуации, в которой находится владелец.

Управления (регламент).

Самоанализ соответствия ситуации, в которой находится владелец, ранее поставленным целям, а также ведут ли события последнего времени к желаемым целям в будущем.

Выход.

Если ответ положительный, то продолжают выполнять ранее разработанные стратегические планы, проекты и программы. Если ответ отрицательный, то приступают к следующему процессу.

Процесс 2: анализ личных действий в прошлом и исходя из них определение (уточнение) главных личных ценностей и того, что является не приемлемым

Вход.

Информация о ситуациях и процессах, касающихся его действий и реакций на них в прошлом и настоящем.

Управления (регламент).

Самоанализ личных действий и реакций на них в прошлом. Формулирование главных личных ценностей, того, что является важным для личности, и чего она не приемлет.

Выход.

Главные личные ценности владельца.

Процесс 3: создание (уточнение) видения будущего

Вход.

Результаты самоанализа соответствия ситуации, в которой находится владелец, ранее поставленным целям, а также ведут ли события последнего времени к желаемым целям в будущем. Главные личные ценности владельца.

Управления (регламент).

Самостоятельная разработка владельцем образа идеального будущего в отдаленной, среднесрочной и краткосрочной перспективе.

Выход.

Видение будущего владельца.

Процесс 4: понимание (уточнение) того, чего конкретно хочет владелец в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективе

Вход.

Главные личные ценности владельца. Видение будущего владельца.

Управления (регламент).

Самоанализ главных личных ценностей и видения будущего владельца. Формулирование конкретных, а не расплывчатых целей владельца.

Выход.

Конкретные цели владельца в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективе.

Процесс 5: выявление идей и мыслей, которые сдерживают владельца на пути к желаемому результату

Вход.

Главные личные ценности, видение будущего, конкретные цели владельца в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективе.

Управления (регламент).

Самоанализ главных личных ценностей, видения будущего, конкретных целей владельца, выявление и фиксация идей и мыслей, которые сдерживают его на пути к желаемому результату.

Выход.

Идеи и мысли, которые сдерживают владельца на пути к желаемому результату, зафиксированные на носителе информации.

Процесс 6: формулирование (уточнение) стратегического плана личных действий

Вход.

Главные личные ценности владельца. Видение будущего владельца. Конкретные цели владельца в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективе. Идеи и мысли, которые сдерживают владельца на пути к желаемому результату.

Управления (регламент).

Самостоятельное или с привлечением экспертов определение перечня возможных личных действий владельца. Для этого могут быть использованы приемы бенчмакинга, а также поиск лучшей практики в базах данных, в файлах, в печатной продукции, в Интернет. Эффективным может быть использование законов и закономерностей развития техносферы [5].

Методы планирования, в том числе, методы оптимизации планов при наличии ограничений [5].

Выход.

Стратегический план личных действий владельца.

Процесс 7: настраивание на победу и действия для ее достижения

Вход.

Стратегический план личных действий владельца.

Управления (регламент).

Думать и говорить только о том, чего действительно хочет владелец. Контролировать внешние источники влияния на мысли, подкреплять позитивные идеи и мысли примерами успеха из книг, Интернета, бесед с людьми, блокировать в разумных пределах поступление информации, которая может сдерживать на пути к достижению цели.

Выполнение действий, предусмотренных стратегическим планом.

Выход.

Личный настрой владельца на победу и конкретные действия для ее достижения.

Процесс 8: осуществление учета и контроля выполнения личного стратегического плана

Входы.

Настрой владельца, результаты его конкретных действий.

Управления (регламент).

Методы и технологии занесения информации в базы данных, файлы, личные архивы.

Методы сопоставления планируемых действий с результатами их выполнения, занесенными в базы данных, файлы, личные архивы.

Выход.

Результаты выполнения действий и отчеты, занесенные в базы данных, файлы, личные архивы.

Выводы о соответствии планируемых действий результатам их выполнения.

Процесс 9: анализ выполнения личного стратегического плана

Вход.

Выводы о соответствии планируемых действий результатам их выполнения.

Управления (регламент).

Самостоятельный или с привлечением экспертов анализ причин несоответствия планируемых действий результатам их выполнения на основе применения методов индивидуального и коллективного экспертного оценивания [6],

Выход.

Решение продолжить выполнение принятых планов или решение о том, что необходимо вернуться к одному из следующих процессов:

- анализ личных действий в прошлом и, исходя из них, определение (уточнение) главных личных ценностей и того, что является не приемлемым,
- создание (уточнение) видения будущего,
- понимание (уточнение) того, чего конкретно хочет владелец в долгосрочной, среднесрочной и краткосрочной перспективе,
- выявление идей и мыслей, которые сдерживают владельца на пути к желаемому результату,
- формулирование (уточнение) стратегического плана личных действий,
- настраивание на победу и действия для ее достижения.

После выполнения одного из указанных процессов необходимо перейти к выполнению всех за ним следующих.

Список литературы: 1. *Кэнфилд Дж.* Думать и богатеть! Правила успеха./ *Свитцер Ж.* — М.: Изд-во Эксмо, 2005. — 560 с. 2. *Кэнфилд Дж.* Осмейтесь преуспеть./*Хансен М.В.* Минск: Попурри, 2006. — 288 с. 3. *Трейси Б.* Постройте свое будущее. Минск: Попурри, 2007. — 288 с. 4. *Хилл Н.* Думай и богатей — 2. Успех через позитивное мышление. — М.: Агентство ФАИР, 1997. — 336 с. 5. *Кононенко И.В.* Компьютеризация управления развитием производственно-экономических систем. Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. - 239 с. 6. *Кононенко И.В.* Методичні матеріали з формування програм розвитку галузей місцевого господарства./ *Єфременко І.М.*— Харків: Інститут машин і систем, 2001. — 191 с.

Поступила в редколлегию 23.01.2011

А.В. ХОЛОДКОВА, аспирант, ХНУРЭ, Харьков

МОДЕЛЬ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МНОГОАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТКС

Проведено исследование многоагентной системы управления телекоммуникационной сетью. Описан предложенный метод выбора одного реального агента-исполнителя с различных агентов-исполнителей за результатами оценки стоимости одной и той же сети в условиях влияния на результат решения задачи других агентов.

Ключевые слова: многоагентная система, агенты-исполнители.

Проведено дослідження багатоагентної системи управління телекомунікаційною мережею. Описано запропонований метод вибору одного реального агента-виконавця з безлічі агентів-виконавців за результатами оцінки вартості однієї і тієї ж мережі в умовах впливу на результат рішення задачі інших агентів.

Ключові слова: багатоагентна система, агент-виконавці.

A study of multi-agent systems management telecommunication network. Describes the proposed method of selecting one of the real agent of the Executive from the set of agents - comrade implementing the results of the valuation of the same network in terms of influence on the result of solving the problem of other agents.

Key words: multi-agent system, agents - comrade

В настоящее время существует проблема качественной доставки информации при ограниченном наборе сетевых ресурсов, которая должна решаться на основе децентрализованного подхода. На сегодняшний день одним из перспективных путей решения этой проблемы является использование интеллектуальных многоагентных систем (МАС). Основой МАС является агент, который взаимодействует со средой (в нашем случае с телекоммуникационной сетью, ТКС), решая определенный ряд задач. Существует такое понятие как кооперация агентов и начальным моментом кооперации агентов является стремление агентов объединить свои индивидуальные усилия. Кооперация между агентами означает их коллективную работу в интересах получения совместных результатов.

1. Модели кооперации агентов

В МАС интеллектуальный агент практически никогда не располагает точной информацией о предпочтениях других агентов. Принимая решение, он должен прогнозировать действия других агентов, выбор, которых, в свою очередь, зависит от его собственных действий. Это ведет к появлению эффекта «ограниченного прогнозирования», когда невозможно сделать точный прогноз или доверять определить четкую стратегию индивидуального выбора. Для того, чтобы обойти эффект «ограниченного прогнозирования», в модели теории игр ставят следующие ограничения:

1) предполагается, что и количество агентов, и их индивидуальные характеристики зафиксированы и известны всем агентам;

2) также все агенты должны быть разумны и каждый агент знает, что все остальные агенты разумны. Следовательно, набор альтернатив для каждого игрока зафиксирован и известен;

3) выдвигается допущение, что тип поведения каждого агента также зафиксирован и известен всем другим агентам.

Все эти предположения ограничивают сферу применения традиционной теории игр для формализации взаимодействий агентов. Поэтому исследователи придают особое значение построению протоколов взаимодействия. Структуру взаимодействия можно представить как пример последовательного принятия решений. Основными характеристиками модели последовательного принятия решений в МАС являются: а) существует последовательность точек принятия решения агентами, которые зависят друг от друга; б) у лица, принимающего решение, есть возможность, установив обратную связь по результату решения, обновить свои знания для того, чтобы на следующей стадии принимать решение с большей информацией. В настоящее время механизм последовательного принятия решений является основой, на которой базируются различные модели ведения переговоров.

2. Процесс координации в модели договорных сетей

Модель контрактных (договорных) сетей разработана Р.Смитом (рис.1), предназначена для координации агентов в системах распределенного решения задач. Каждый узел сети – это агент, способный выполнять определенные задачи. Если в процессе решения задачи один агент (пользователь) оказывается не в состоянии найти решение самостоятельно, то он обращается к другим агентам – агентам-исполнителям. Обычно агент это делает не самостоятельно, а через посредника, который называется агентом-менеджером. Это агент реализован как мобильный агент, который передвигается по сети, а другие агенты расположены в своих узлах.

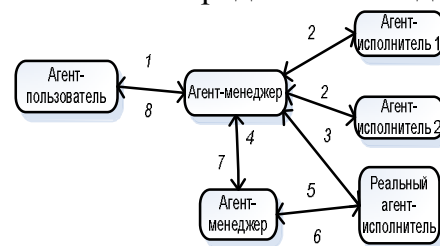


Рис. 1 – Представление процесса координации агентов в модели договорных сетей

Из числа агентов-исполнителей выбирается реальный агент-исполнитель. В результате между агентом-пользователем и реальным агентом-исполнителем устанавливается взаимодействие. Взаимодействие осуществляется через агента-менеджера. После того, как был определен реальный агент-исполнитель, агент-менеджер перемещается в его узел для передачи нового запроса. И после того, как реальный агент-исполнитель дал ответ на этот запрос агент-менеджер перемещается обратно и передает ответ на запрос агенту-пользователю. Исходя из этой модели, процесс взаимодействия агентов можно описать набором:

$$INT = (A, RR, r, P) \quad (1)$$

где A - множество агентов; RR - множество ролей агентов; $r : A \rightarrow RR$ - функция распределения ролей. Общий протокол взаимодействий между агентами можно описать набором:

$$P = \{COM, SRT, p\} \quad (2)$$

где P - общий протокол взаимодействий между агентами; COM - множество коммуникативных действий агентов; SRT - множество стратегий взаимодействия; p - протоколы для отдельных ролей.

В данном случае $RR = \{\text{агент-пользователь, агент-исполнитель, реальный агент-исполнитель}\}$. $r(a_0) = \text{агент-пользователь}$, $r(a_1) = \text{реальный агент-исполнитель}$, $r(a_2) = \dots = r(a_n) = \text{агент-исполнитель}$. Протокол взаимодействия представляет собой множество правил, управляющих взаимодействием. Для его определения необходимо задать множество возможных состояний их взаимодействия (например, запрос принят, взаимодействие закончено), возможные действия агентов и стратегии взаимодействия. Простейшее множество действий может быть задано в виде $COM = \{\text{начать, закончить, сообщить, предложить, принять, отвергнуть}\}$. Стратегия взаимодействия может определяться знанием предыдущего состояния партнера и информацией о текущем процессе взаимодействия.

3. Реализация выбора реального агента-исполнителя ТКС на основе модели договорных сетей

Каждый узел сети – это агент, который способен выполнять определенные задачи. Например, агенту-пользователю (рис.1) необходимо передать информацию с определенными параметрами. К параметрам передачи информации относятся: пропускная способность канала передачи, емкость запоминающего устройства (ЗУ), скорость передачи информации и т.д. В данном случае выделяем два основных параметра, по которым будем определять реального агента-исполнителя. Это пропускная способность канала передачи на i -ом узле коммутации - ΔF_i и W_i - суммарная емкость памяти, выделяемая для очередей пакетов на i -ом УК. Величина, которая объединяет все необходимые параметры для передачи информации, представляет собой числовой показатель качества системы J , который требуется в результате оптимизации обратить в максимум. Так как нам известен ряд показателей качества системы J_i , $i=1,2,\dots$, где, например, J_1 - время обработки пакета на i -ом узле коммутации; J_2 - суммарная емкость памяти и т.д. Совокупность этих характеристик дает полное представление о том, насколько система удовлетворяет техническому состоянию. Итак, обобщенный критерий качества представлен в формуле

$$J = \sum_i a_i J_i \quad (3)$$

где a_i - весовые коэффициенты.

Можно выделить какой-либо основной показатель, например, J_2 и потребовать, чтобы он в результате оптимизации достигал максимального значения, а другие удовлетворяли системе неравенств: $J_1 \leq J_{1mp}$; $J_3 \leq J_{3mp}$; $J_4 \leq J_{4mp}$. Где величины в правых частях неравенств обусловлены техническим заданием.

Из этого следует, что оценка показателя качества производится по одному показателю (оценочному параметру) – цене или эффективности. В данной статье выбираем критерий стоимости. И тогда управляющее устройство вырабатывает такие управляющие воздействия, чтобы обеспечить условие

$$C = \min_{d_i \in \{d_1\}} C, \quad (4)$$

где C - стоимость системы; d_1 - подмножество внутренних параметров. В дальнейшем для определенности будем подразумевать денежную меру стоимости.

Теперь составим уравнение, связывающее функциональной зависимостью стоимость системы со значениями ее технических параметров. Однако трудность заключается в том, что различные технические параметры измеряются разными мерами. Выход может быть один: привести все технические параметры к некоторой единой мере, соответствующей выбранному смыслу стоимости системы. Для этого достаточно умножить каждый из технических параметров на соответствующий весовой коэффициент. Тогда стоимость системы определится в виде суммы технических параметров:

$$C = \sum_{i=1}^M a_i J_i, \quad (5)$$

где a_i - весовой коэффициент при i -ом техническом параметре; J_i - i -ый технический параметр; M - общее количество учитываемых технических параметров. Так как в статье мы выбрали два параметра (ΔF_i и W_i) то в данном случае $M=2$. Размерность весовых коэффициентов определяется как размерность C /размерность J_i . На основании (5) с учетом выбранных технических параметров ΔF_i и W_i получим для стоимости выражение:

$$C = a_F \Delta F_i + a_w W_i, \quad (6)$$

где a_F и a_w - весовые коэффициенты при технических параметрах ΔF_i и W_i .

Таким образом, применительно к рассматриваемой модели договорных сетей (рис.1), каждый агент-исполнитель предоставляет свою стоимость по которой будет выбран один реальный агент-исполнитель. То есть, у кого из агентов числовой показатель стоимости C будет меньше, с тем и будет производиться дальнейшее сотрудничество.

Выводы. В результате в данной работе был представлен и рассмотрен процесс координации в модели договорных сетей. Также применительно к рассматриваемой модели договорных сетей был проведен анализ взаимодействия МАС ДУ ТКС. В результате, которого был составлен алгоритм математического расчета для функциональной зависимости стоимости системы со значениями ее технических параметров. Также в модели есть свои преимущества, и есть свои недостатки. На сегодняшний день имеется усовершенствованная модель Смита, которая позволяет реальным агентам-исполнителям выполнять одновременно несколько задач. Для каждого реального агента-исполнителя формируется пакет текущих задач, причем при добавлении к этому пакету новой задачи учитываются не только ее характеристики, но и уже принятые обязательства. Основным преимуществом модели договорных сетей является ее простота и легкость реализации. К недостаткам можно отнести, в первую очередь, отсутствие продуманного механизма выбора реального агента-исполнителя и высокая загрузка коммуникационных каналов. Кроме того, модель договорных сетей не препятствует появлению таких агентов-посредников, которые

выступают как спекулянты, то есть в данном случае, имеется ввиду покупка и перепродажа одной и той же задачи несколько раз. Также известны различные усовершенствования модели Смита. Например, можно ввести специальные промежуточные агенты-консультанты. Их роль состоит в том, чтобы оказать помощь агентам-координаторам при оповещении агентов-исполнителей и обработке предложений.

Полученные результаты доказывают адекватность модели и могут быть использованы при решении таких оптимизационных задач, как резервирование сетевых ресурсов.

Список литературы: 1. Дольф Р. Современные системы управления / Р. Дольф, Р. Бишоп – М.: ЛБЗ, 2004. – 832 с. 2. Вегешна Шринивас. Качество обслуживания в сетях IP / Вегешна Шринивас. – М.: «Вильямс», 2003. – 368с.

Поступила в редколлегию 23.01.2011

УДК 656.13

Н.У. ГЮЛЕВ, канд. техн. наук, доцент, ХНАГХ, г. Харьков

ОБ ИЗМЕНЕНИИ ВРЕМЕНИ РЕАКЦИИ ВОДИТЕЛЯ ВСЛЕДСТВИЕ ПРЕБЫВАНИЯ В ТРАНСПОРТНОМ ЗАТОРЕ

Указана роль времени реакции водителя в обеспечении безопасности движения. Представлены результаты исследований оценки изменения времени реакции водителя после пребывания его в транспортном заторе.

Ключевые слова: время реакции, функциональное состояние, транспортный поток, транспортный затор, дорожно-транспортная ситуация, безопасность движения.

Вказана роль часу реакції водія в забезпеченні безпеки руху. Представлені результати досліджень оцінки зміни часу реакції водія після перебування його в транспортному заторі.

Ключові слова: час реакції, функціональний стан, транспортний потік, транспортний затор, дорожно-транспортна ситуація, безпека руху.

The indicated role of time of reaction of driver is in providing of safety of motion. The presented results of researches of estimation of change of time of reaction of driver are after the stay of him in transport congestion.

Keywords: time of reaction, functional state, transport stream, transport congestion, road and transportation situation, safety of motion.

1. Введение

Рост уровня автомобилизации приводит к повышению интенсивности транспортных средств на улично-дорожной сети города. При неизменных значениях пропускной способности улиц и дорог повышение интенсивности приводит к увеличению времени задержек автомобилей на перекрестках, вследствие появления транспортных заторов, особенно в периоды «пик». При этом увеличивается общее время поездки до пункта назначения.

2. Постановка проблемы

Образование многочисленных транспортных заторов и пробок на перекрестках в периоды «пик» значительно увеличивают время передвижения и

снижают скорость движения транспорта. Изменения этих параметров отрицательно воздействуют на психофизиологическое состояние водителя, вызывая ухудшение его функционального состояния (ФС) и ряда психических свойств [1, 2]. Ухудшение ФС водителя приводит к увеличению его времени реакции [2]. В условиях возникновения дефицита времени водитель, пытаясь компенсировать упущенное время, нередко превышает дозволённую скорость на участке дорожной сети, что может привести к возникновению дорожно-транспортного происшествия (ДТП). При этом важное значение имеет время реакции водителя, от которого зависит оценка дорожной обстановки и выбор правильного решения при неожиданном изменении дорожно-транспортной ситуации.

3. Анализ последних исследований и публикаций

Длительность пребывания водителя в транспортном заторе зависит от рациональной организации дорожного движения. Вопросами организации и безопасности дорожного движения занималось множество исследователей [1-7]. В работах [3, 5, 6, 7] вопросы организации дорожного движения рассмотрены с учетом интенсивности, скорости и пропускной способности дорог. Авторы работ [1, 2] исследовали психофизиологические и медицинские особенности поведения водителей. В работе [2] также отражены некоторые результаты исследований по оценке времени реакции водителя в различных ситуациях. В работах [3, 4, 6] рассмотрены вопросы организации и безопасности дорожного движения.

Однако в этих работах не рассмотрены аспекты влияния длительности пребывания автомобилей в транспортных заторах и пробках на время реакции водителей.

4. Цель исследования

В соответствии с поставленной проблемой целью исследования является определения влияния транспортных заторов на время реакции водителя. Для достижения цели необходимо определить составляющие времени реакции водителя и оценить время реакции после выхода из транспортного затора.

5. Основной материал

Транспортные заторы, значительно увеличивая время передвижения, вызывают у водителей временные психофизиологические расстройства, которые в свою очередь подталкивают водителей к нарушению правил дорожного движения путем превышения дозволённой скорости. Превышение скорости может привести к нехватке времени при выборе стратегии поведения при неожиданном изменении обстановки. В условиях дефицита времени качество работы водителя зависит от быстроты и точности его действий в ответ на различные раздражители дорожной среды. Такие ответные действия водителя называются психомоторными или сенсомоторными реакциями [2].

Реакции бывают простые и сложные. Простая реакция заключается в быстром действии на заранее известный раздражитель. Сложная реакция связана с выбором правильного действия из нескольких альтернативных. Различают

скрытый (латентный) и моторный периоды любой реакции. Латентный период – это время от начала появления раздражителя до момента реагирования на него. Моторный период – это время выполнения ответного действия. С точки зрения работы водителя важное значение имеет латентный период сложной реакции. Его длительность зависит от сложности дорожной обстановки, от опыта водителя, его состояния и индивидуально-психологических особенностей. Сложная реакция требует значительно больше времени, чем простая. Время реакции зависит от напряжения внимания водителя. Внезапное появление опасности значительно увеличивает время реакции. Если водитель располагает временем для подготовки к выполняемому маневру, то время реакции принимают равное 0,75 с, а при неожиданном появлении препятствия – 1,5 с [2].

Реакции водителей замедлены в первые 1-2 часа работы (период вработываемости). Далее их продолжительность уменьшается и сохраняется в течение 4-5 часов (период устойчивой работы). Затем время реакции увеличивается вследствие появления утомления у водителя.

От времени реакции водителя зависит остановочный путь автомобиля при экстренном торможении. Общее время реакции включает в себя время реакции водителя, время срабатывания привода тормозов и время действия тормозов. Некоторые результаты исследований оценки времени реакции водителей приведены на рисунке 1 и 2.

На рисунке 1 приведены изменения времени реакций (t_p) трех водителей в первом транспортном заторе. При этом разница времени реакций (Δt) у них перед транспортным затором и после следующая: $\Delta t_{p1} = 0,7$ с; $\Delta t_{p2} = 0,2$ с; $\Delta t_{p3} = 0,8$ с.

На рисунке 2 приведены изменения времени реакций этих же водителей во втором транспортном заторе. Соответствующие изменения времени реакций у них следующие: $\Delta t_{p1} = 0,8$ с; $\Delta t_{p2} = 0,7$ с; $\Delta t_{p3} = 1,1$ с.

Как видно из рисунков, время реакции водителей после второго транспортного затора по сравнению с первым возросло. Соответственно значения следующие: у первого на 0,1 с, у второго на 0,5 с, у третьего на 0,3 с. Увеличение времени реакции водителя приводит к увеличению

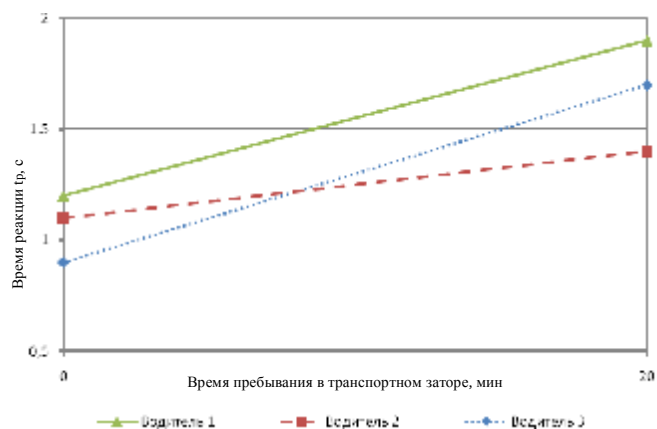


Рис.1. Изменение времени реакции водителей в период пребывания в первом транспортном заторе

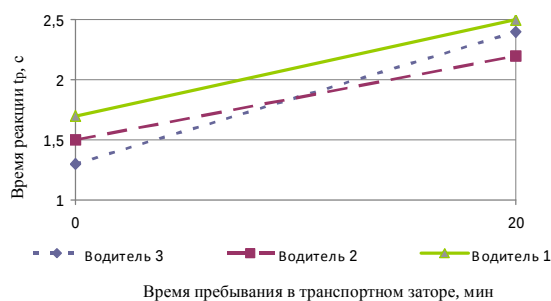


Рис.2. Изменение времени реакции водителей в период пребывания во втором транспортном заторе

тормозного пути автомобиля при экстренном торможении.

Для предотвращения наезда на пешехода, особенно если он появился на дороге неожиданно для водителя, время реакции играет решающую роль. Исследование последствий ДТП показали, что в 70% случаях путь автомобиля после наезда на пешехода не превышал 1 метра. При скорости автомобиля 50 км/ч сокращение остановочного пути на 1–1,5 м возможно при уменьшении времени реакции водителя на 0,1 с [2].

6. Выводы и перспективы дальнейших исследований

Время реакции водителя является одним из основных факторов определяющих безопасность движения. От его значения зависит точность оценки водителем дорожно-транспортной ситуации и выбор адекватного этой ситуации решения. Транспортные заторы оказывают влияние на изменение времени реакции водителя в сторону увеличения, особенно в периоды «пик», вследствие временного нарушения психофизиологических функций водителя.

Дальнейшие исследования могут быть проведены с целью моделирования изменения времени реакции водителя в зависимости от его психофизиологических свойств.

Список литературы: 1. Вайсман А. И. Основные проблемы гигиены труда водительского состава автотранспорта: Автореф. дис... д-ра мед. наук: 03.12.02. – М., 1975.- 37 с. 2. Мишуринов В. М., Романов А. Н., Игнатов Н. А. Психофизиологические основы труда водителей автомобилей: Учебное пособие/ МАДИ – М., 1982, 254 с. 3. Хомяк Я.В. Организация дорожного движения. – К.: Вища школа, 1986. – 271 с. 4. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1982. – 288 с. 5. Клиновштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения. – М.: Транспорт, 1992. – 207 с. 6. Системологія на транспорті. Підручник у 5 кн./Під заг. ред. Дмитриченка М.Ф.– кн.IV: Організація дорожнього руху/ Е.В.Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К.Доля та ін. - К.: Знання України, 2007 р.- 452 с. 7. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими: Пер. с англ. – М.: Транспорт, 1972. – 423 с.

Поступила в редколлегию 23.01.2011

Ю.А. КОСЕНКО-БЕЛИНСКИЙ, канд. техн. наук, доцент,
ВНУ им. В.Даля, г. Луганск

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАПАННЫХ ПРУЖИН НА РАБОЧИЙ ПРОЦЕСС И ПОКАЗАТЕЛИ ПУЛЬПОВОГО НАСОСА НБТ-600

Шляхом проведення числового експерименту на математичній моделі роботи поршневого насосу визначено вплив на різні його показники характеристик клапанных пружин та знайдені їх оптимальні значення при роботі насосу в режимі самовсмоктування і з підпором.

Ключові слова: пульповий насос, показники роботи, характеристики пружин.

Путём проведения численного эксперимент на математической модели работы поршневого насоса определено влияние на различные его показатели характеристик клапанных пружин и найдены их оптимальные значения при работе насоса в режиме самовсасывания и с подпором.

Ключевые слова: пульповый насос, показатели работы, характеристики пружин.

By the way of number experiment on the math model of the work of the pump have defined its different factors of characters of valve springs and its optimal factors while working of the pump in the shift of self-absorption and with the hears.

Key words: pulp pump, indexes of work. Characteristics of valve spring.

Введение

Клапанные пружины могут оказывать существенное влияние на рабочий процесс насоса, его показатели и характеристики [1 - 4].

В [1] приведены результаты широкого физического эксперимента на насосе ГР16/40С, целью которых было определение высоты подъёма клапанов, их гидравлических и других характеристик при разных клапанных пружинах. При этом было установлено:

1) кривые $\bar{h} = f(Q)$ при всех пружинах (9 типоразмеров) имеют одинаковый характер и могут быть аппроксимированы одной эмпирической зависимостью

$$\bar{h} = A(1 - e^{-BFr}), \quad (1)$$

где $B=0,2$ для клапанов исследуемого насоса; $Fr = 0,25 \frac{V_c}{\sqrt{d_c}}$ - число Фруда; V_c

- средняя скорость жидкости в седле клапана, d_c - его диаметр;

$$A = a_0 + a_1 e^{-a_2 \Pi} \quad \text{при } \Pi \leq 10, \quad (2)$$

$$A = a_3 - a_4 \Pi \quad \text{при } \Pi > 10, \quad (3)$$

$$\Pi = \frac{F_0 c}{g h^2 d_c^2} 10^{-11}, \quad (4)$$

Π - найденный автором, наряду с критерием Фруда, безразмерный критерий подобия работы самодействующих клапанов. Здесь η - динамический коэффициент вязкости жидкости (структурная вязкость для пульпы), Нс/м².

Т. е. достаточно для данного клапана иметь 5 экспериментальных точек функции $\bar{h} = f(Fr, \Pi)$, чтобы найти коэффициенты $a_0 - a_4$, а затем определять $\bar{h}$ при любых значениях пяти размерных параметров, входящих в безразмерные критерии Fr и Π (ускорение свободного падения g остаётся при этом всегда постоянным).

2) при всех испытанных характеристиках пружин, включая и с нулевой жёсткостью, функция $z = f(\bar{h})$ представляет собой одну кривую, которая была аппроксимирована выражением, постоянные коэффициенты которого справедливы только для клапанов этого насоса при его проливке конкретной жидкостью:

$$z = \frac{0,794}{(\bar{h})^{1,21}} \quad (5)$$

Это было использовано при обработке результатов экспериментальных исследований настоящей работы.

Достаточно подробный обзор других работ, посвящённых клапанным распределителям поршневых насосов, приведен в [1]. Их основными общими недостатками являются отрыв работы клапана от рабочего процесса насоса и вызванная этим низкая представительность и узость полученных результатов при в общем-то неудовлетворительной их достоверности.

Основная часть

В настоящей работе предпринята попытка ликвидировать этот пробел, продемонстрировав в то же время широкие возможности разработанной математической модели и программного обеспечения для её реализации.

Поскольку изучение влияния характеристик клапанных пружин (жёсткости C и предварительного поджатия F_0) на коэффициенты подачи, неравномерности давления и другие показатели рабочего процесса требует равномерного описания всей области исследования, был использован вариант ортогонального планирования двухфакторного эксперимента, состоящего из 9 опытов, и проведен численный эксперимент для различных режимов работы поршневого насоса.

В качестве нулевого уровня были приняты характеристики пружины с $F_0=270$ Н и $c=8300$ Н/м при интервалах варьирования $\Delta F_0=135$ Н и $\Delta c=4150$ Н/м (первые 9 опытов). Результаты численного эксперимента приведены в таблице 1.

Их обработка дала аппроксимирующую зависимость для коэффициента подачи, в частности, в виде полинома второго порядка:

$$\eta_{\eta} = 0,902 + 0,002x_1 + 0,0003x_2 - 0,003x_1^2 - 0,0023x_2^2 - 0,003x_1x_2 \quad (6)$$

Проверка по критерию Фишера, экспериментальные значения которого не превышают табличные [5], и дополнительные опыты (№№10-14 в таблице 1. 6.4 подтвердили адекватность полинома.

По результатам численного эксперимента был построен ряд графических зависимостей, рис.1 - рис.3.

Анализ результатов эксперимента позволил сделать некоторые выводы о влиянии характеристик клапанных пружин на коэффициенты подачи и неравномерности давления, рис. 1.

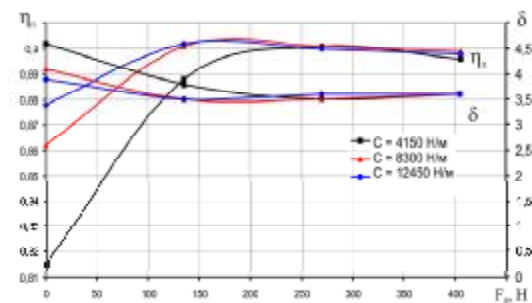


Рис. 1. Зависимости коэффициентов подачи насоса η_p и неравномерности давления на выходе δ от предварительного поджатия пружин F_0 при их различной жёсткости c

Таблица 1 - Результаты двухфакторного численного эксперимента
 $n = 135$ ход/мин, $d = 140$ мм, $P_7 = 18,7$ МПа, $\beta = 1\%$

№ п/п	c , Н/м	F_0 , Н	$Q_{ср}$ л/с	$\eta_{по}/\eta_{пр}$	δ %	φ_a/φ_n открытие,град	φ_a/φ_n закрытие,град	V_a/V_n , м/с
1	12450	405	23,3	89,8/89,6	3,6	23,5/39,4	26,5/13,7	-0,615/-0,015
2	12450	135	23,4	90,2/90,1	3,5	23,4/38,8	25,1/13,9	-0,460/-2,874
3	450	405	23,3	89,6/89,8	3,6	23,4/40,0	26,9/13,6	-0,017/-3,63
4	450	135	23,1	88,8/89,1	3,8	27,4/38,5	25,3/19,9	-0,770/-3,961
5	8300	270	23,4	90,1/90,2	3,5	23,6/38,8	25,4/14,2	-0,796/-3,982
6	12450	270	23,3	89,7/90,1	3,6	23,4/39,9	26,9/13,7	-0,074/-3,659
7	4150	270	23,4	90,1/89,7	3,5	23,5/38,8	25,0/13,7	-0,788/-3,614
8	8300	405	23,4	89,9/90,0	3,6	24,0/38,8	25,5/14,7	-0,588/-3,416
9	8300	135	23,4	90,1/89,9	3,5	23,6/38,8	25,3/14,0	-0,694/-3,174
10	8300	0	22,4	86,2	4,1	30,7/39,3	26,3/23,8	-0,850/-4,010
11	10375	203	23,4	90,1	3,5	23,6/38,8	25,4/14,2	-0,501/-2,364
12	4150	0	21,2	81,5	4,6	35,0/43,8	33,6/29,8	-1,755/-3,889
13	12450	0	22,8	87,8	3,9	28,3/38,8	25,4/21,1	-0,192/-3,174
14	10151	239	23,4	90,3	3,6	23,6/38,7	25,4/14,4	-0,759/-1,235

Очевидно, что для всех жесткостей пружин коэффициент подачи и коэффициент неравномерности давления с уменьшением предварительного поджатия ухудшаются. Чем меньше жесткость пружин c , тем интенсивнее изменение η и δ в зоне низких значений предварительного поджатия F_0 . Однако с увеличением F_0 коэффициент подачи достигает своего потолка. Дальнейший рост F_0 не вызывает увеличения η (или уменьшения δ), т. к. стабилизировался рост запаздывания закрытия клапанов одной и той же рабочей камеры, рис 2.

При этом углы запаздывания открытия нагнетательных клапанов больше, чем всасывающих, т.к. для открытия первых в цилиндре нужно создать давление большее, чем в нагнетательном трубопроводе.

Углы запаздывания открытия парных клапанов одной рабочей камеры снижаются с ростом c и F_0 , т.к. при этом снижаются углы запаздывания закрытия, рис. 3, поскольку в нормально работающем насосе никакой клапан не начнёт открываться, пока парный клапан этой же полости не закроется.

Максимальных значений коэффициент подачи насоса достигает при различных сочетаниях жесткости и предварительного поджатия клапанных пружин: чем меньше жёсткость, тем больше предварительное поджатие. Но чем меньше жёсткость, тем больше будет высота пружины в свободном состоянии и тем больше её нужно сжать для получения требуемого F_0 . Т.е. в действительности такую пружину делать нецелесообразно.

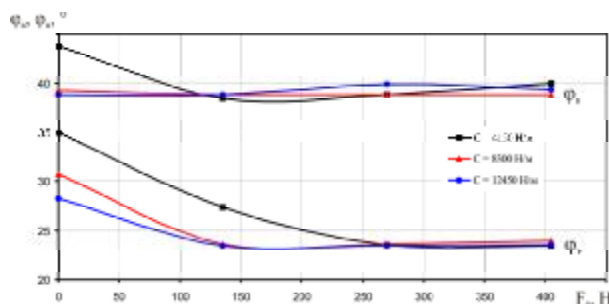


Рис. 2. Зависимости углов запаздывания открытия всасывающего φ_v и нагнетательного φ_n клапанов от предварительного поджатия пружин F_0 при их различных жесткостях c

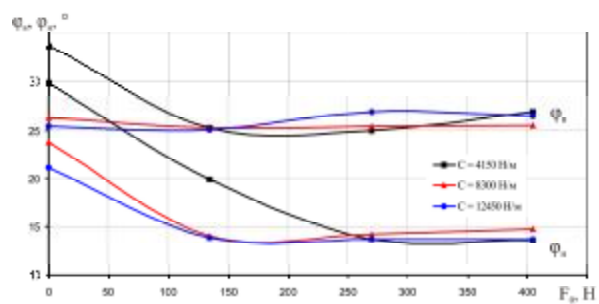


Рис. 3. Зависимости углов запаздывания закрытия всасывающего φ_v и нагнетательного φ_n клапанов от предварительного поджатия пружин F_0 при их различных жесткостях c

Дифференцирование полинома (6) по X_1 и X_2 с целью нахождения, их «оптимальных» значений показало, что наибольшую величину η_n имеет насос с характеристиками пружины $c=10151$ Н/м, $F_0=239$ Н.

Численный эксперимент (опыт №14 в табл.1.) подтвердил это. Следует отметить, что насос НБТ – 600 с пружинами ($c=8300$ Н/м и $F_0=135$ Н) имеет близкий к максимальному значению коэффициент подачи. Укажем, что со всеми жесткостями пружин при отсутствии их предварительного поджатия, т.е. $F_0=0$, все исследованные показатели имеют наихудшие значения.

Коэффициент подачи, выбранный в качестве основной функции отклика при проведении численного эксперимента, не характеризует энергетические потери при работе поршневого насоса, т.е. качество рабочего процесса в цилиндре. Поэтому было бы необоснованно утверждать, что полученные характеристики пружин являются наиболее рациональными.

Для ответа на этот вопрос был проведен дополнительный численный эксперимент, который позволил определить дополнительно влияние c и F_0 на такие характеристики работы поршневого насоса, как объемный η_o , гидравлический η_r , и индикаторный η_i коэффициенты полезного действия, потери мощности ΔN_r на преодоление гидравлических сопротивлений в самом насосе и потери мощности с утечками ΔN_o .

В качестве нулевого уровня были приняты характеристики серийных пружин $c=3825$ Н/м и $F_0 = 225$ Н. Интервалы варьирования: $\Delta c = 2825$ Н/м и $\Delta F_0 = 175$ Н. Результаты численного эксперимента приведены в табл.2.

Таблица 2 - Результаты двухфакторного численного эксперимента при работе насоса с подпором и $n=135$ ход/мин, $d_n=140$ мм, $p_n=18,7$ МПа и $\beta=1\%$

N п/п	C, Н/м	F ₀ , Н	Q, л/с	δ , %	η_v , %	η_o , %	η_r , %	φ_v/φ_n откр., град.	φ_v/φ_n закр., град.	V _v /V _n , Посадки, м/с	ΔN_r , кВт	ΔN_o , кВт	η_i	$\varepsilon_{оп}$	ε_p
1	6650	400	23,58	1,74	90,18	100,0	98,69	22,3/36,3	25,0/15,2	-0,95/-0,60	3,31	0,05	0,9869	0,8959	0,892
2	6650	50	23,08	2,33	88,86	99,71	99,36	28,4/36,1	25/23	-0,6/-5,5	4,79	1,2	0,9907	0,8803	0,883
3	1000	400	23,63	1,79	90,97	99,98	98,81	21,8/36,8	25,7/14,4	-1,3/-2,5	3,04	0,001	0,9881	0,8989	0,901
4	1000	50	21,28	2,49	81,92	99,58	99,19	32,9/44,5	36,1/28/4	-0,96/-0,90	4,71	1,64	0,9877	0,809	0,816
5	3825	225	23,16	1,9	89,16	99,79	98,97	26,0/36,3	24,6/20,2	-0,98/-2,35	4,29	0,87	0,9877	0,8806	0,899
6	6650	225	23,68	1,74	91,15	99,38	99,46	21,8/36,2	24,9/14,4	-0,53/-0,57	2,79	0,02	0,9883	0,9008	0,903
7	1000	225	23,17	1,9	89,2	99,78	99,78	26,1/36,1	24,4/20,3	-0,67/-2,34	4,49	0,92	0,9881	0,8814	0,872
8	3825	400	23,62	1,8	90,94	99,38	99,36	21,7/37,1	26,2/14,2	-1,16/-1,9	3,16	0,014	0,9875	0,898	0,899
9	3825	50	22,66	2,27	87,23	99,66	99,66	30,5/36,4	25,1/25,7	-0,27/-3,57	4,83	1,4	0,9891	0,8628	0,852
10	6650	257	23,7	1,71	91,2	99,4	99,6	21,5/36	24,5/14,2	-0,52/-0,56	2,75	0,02	0,985	0,902	0,907

Более полно качество рабочего процесса насоса характеризуется произведением индикаторного к. п. д. на коэффициент подачи (в безразмерном виде)

$$\Theta = \eta_i \eta_p. \quad (7)$$

Этот показатель, названный коэффициентом качества рабочего процесса насоса, и был выбран основной функцией отклика $\Theta = f(c, F_0)$, графический вид которой показан на рис. 4.

Обработка результатов эксперимента позволила получить зависимость (8) этой величины от нормированных значений жесткости и предварительного поджатия пружин.

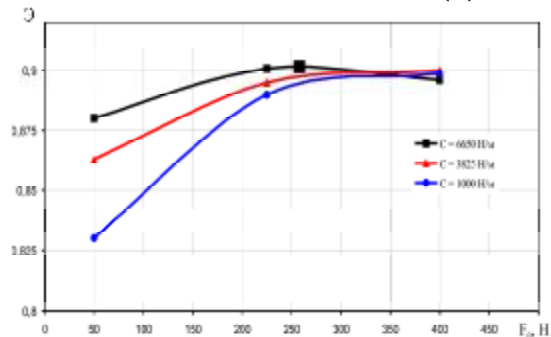


Рис. 4. Зависимости коэффициента качества Θ насоса от предварительного поджатия пружин F_0 при их различных жесткостях c

$$\Theta = 0,8894 + 0,0146 x_1 + 0,0234 x_2 - 0,0027 x_1^2 - 0,013 x_2^2 - 0,01855 x_1 x_2 \quad (8)$$

Проверка по критерию Фишера (квадрат отношения дисперсий адекватности и воспроизводимости эксперимента) подтвердила адекватность аппроксимирующего многочлена – экспериментальное значение критерия меньше табличного.

Заключение

Дальнейшие исследования зависимости (8) показали, что экстремума $\Theta_{\max} = 0,9017$ функция отклика достигает при $x_1 = 1$ и $x_2 = 0$, что соответствует $c = 6650$ Н/м и $F_0 = 257$ Н. Проведенный дополнительно эксперимент №10 в табл.6.5 дал хорошее совпадение с расчётом по полиному. Именно эти характеристики пружин следует считать оптимальными при работе насоса на воде с подпором.

При работе насоса в режиме самовсасывания рациональные характеристики будут другими [3] и разными для всасывающего и нагнетательного клапанов, т.е. однозначных их значений не существует.

Список литературы: 1. Косенко-Белинский Ю.А. Исследование и совершенствование буровых насосов. Диссерт. ... канд. техн. наук. Ленинград, 1982. 175 с. 2. Исследование характеристик поршневых насосов для магистральных гидротранспортных систем на математических моделях. Отчёт. Инв. №028.80024470. Рук. Косенко-Белинский Ю.А. Ворошиловградский машиностроительный институт. - Ворошиловград, 1987. 102с. 3. Исследование рабочего процесса быстроходного бурового насоса. Отчёт. Инв. №028.30028763. Рук. Сулига В.И. Ответств. исполнитель Косенко-Белинский Ю.А. Ворошиловградский машиностроительный институт.- Ворошиловград, 1982. 149 с. 4. Исследование рабочего процесса бурового насоса на математической модели. Отчет о НИР. Ворошиловградский машиностроительный институт. Рук. Косенко-Белинский Ю.А. Инвент. № 0285.0007640. – Ворошиловград, 1984. – 80с. 5. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В., Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1971 – 284 с.

Поступила в редколлегию 23.01.2011

УДК 539.12.01

Г.И. КАНЮК, докт. техн. наук, зав. каф., УИПА, г. Харьков
Ю.А. КАСАТКИН, докт. физ.-мат. наук, профессор, УИПА, г. Харьков
И.К. КИРИЧЕНКО, докт. физ.-мат. наук, профессор, УИПА, г. Харьков
О.Д. ПТАШНЫЙ, канд. пед. наук, доцент, УИПА, г. Харьков

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С НЕЛОКАЛЬНЫМИ ПОЛЯМИ МАТЕРИИ

Дополнительное привлечение в рассмотрение свойства неотделимости понятий электрического заряда и массы для фундаментальных частиц, а также свойства индифферентности электромагнитных сил по отношению к структурообразующим взаимодействиям, позволяют сохранить в неизменном виде структуру группы калибровочных симметрий для нелокальных полей и обеспечить корректный выход за рамки локальной теории. Исследован структурный предел к локальному рассмотрению.

Ключевые слова: локальный лагранжиан, нелокальные взаимодействия, калибровочная инвариантность, функция Грина, импульсные распределения

Додаткове залучення до розгляду властивості невід’ємності поняття про електричний заряд від поняття маси для фундаментальних частинок, а також властивості індиферентності електромагнітних сил по відношенню до структуру утворюючих взаємодій, дозволяють зберегти в незмінному вигляді структуру групи калібрувальних симетрій для нелокальних полів і забезпечити коректний вихід за рамки локальної теорії. Досліджена структурна межа до локального розгляду.

Ключові слова: локальний лагранжіан, нелокальні взаємодії, калібрувальна інваріантність, функція Грина, імпульсні розподіли

Additional use of properties of inseparability of notion about an electric charge from notion of mass for fundamental particles and indifference of electromagnetic forces in relation to structure-formative interactions, allow saving in an unchanging kind the structure of group of gauge symmetries for the nonlocal fields and provide a correct output limits for local theory. A structural limit to local consideration is explored.

Key words: local Lagrangian, nonlocal interactions, gauge invariance, Green’s function, momentum distributions

1. Введение

Локальная формулировка квантовой электродинамики (КЭД) не обеспечивает адекватных условий для корректного исследования структуры нелокальных полей материи в соответствии с требованиями релятивистской ковариантности и динамического сохранения калибровочной симметрии. Существующий набор аксиоматических предположений КЭД [1], ориентированный на использование методов производящего функционала, формализма S -матрицы и адиабатической гипотезы в отношении включения электромагнитного (ЭМ) взаимодействия, испытывает непреодолимые трудности описания в рамках локального лагранжевого подхода процессов с участием нелокальных полей.

Источник указанных трудностей связан с проявлением в процессах ЭМ расщепления нелокальных полей дополнительного структурообразующего взаимодействия, которое в отличие от ЭМ, имеет ограниченную область действия и характеризуется большой интенсивностью. В настоящее время не представляется возможным “сконструировать” лагранжиан свободного нелокального поля с учетом его виртуальных составляющих фрагментов и неизвестным законом взаимодействия между ними. Следовательно, использование “рецепта” КЭД по локализации калибровочной симметрии свободного лагранжиана нелокального поля невыполнимо.

Столь гармоничная последовательная схема описания взаимодействий в КЭД становится неприменимой при попытке включения в ее содержание нелокальных полей материи. При взаимодействии с нелокальными полями проявляется явная составная природа частиц, поскольку в конечном состоянии регистрируются составляющие его фрагменты. Такую асимметрию между начальным и регистрируемым набором частиц в присутствии неизвестного сильного взаимодействия не удастся описать аксиоматическим набором положений КЭД с применением лагранжевого формализма.

Непосредственное распространение методов локальной КЭД для исследования структуры нелокальных полей [2] связано с трудностью одновременного обеспечения калибровочной симметрии ковариантной амплитуды и учета в ней динамики вершин сильного взаимодействия. На основе выполнения требования калибровочной симметрии в работе [3] предложен метод введения калибровочных полей в массовый оператор эффективного нелокального лагранжиана (С. Bloch, 1950; S. Mandelstam [4], К. Wilson, 1974) для неабелевой калибровочной симметрии. Одновременно, в работах [5-9], развивается эвристическое направление по совместному описанию процессов ЭМ расщепления малонуклонных атомных ядер виртуальными и реальными фотонами. Обеспечивая точное сохранение ЭМ адронного тока гарантируется конечный предел при стремлении квадрата переданного 4-импульса виртуального фотона к нулю, что позволило корректно исключить из рассмотрения нефизические вклады от скалярно и продольно поляризованных фотонов и перейти к матричному элементу фотопроцесса. В идейном плане по отношению к интерпретации понятия “нелокальности” развитый подход в работах [10-13] принципиально отличается от предложенного метода в работе [3].

Цель настоящей работы связана с обоснованием альтернативного построения КЭД, обсуждения дополнительных требований, необходимых для обеспечения адекватного исследования структуры нелокальных сильносвязных полей материи в процессах ЭМ расщепления.

2. Вершины и амплитуды

Одна из возможностей построения теории нелокальных взаимодействий на основе уже существующей локальной теории связана с выбором нелокальных конструкций, которые на определенном этапе рассмотрения допускают известный локальный структурный предел. В работах [10-13] показано, что согласование вида полевого оператора фундаментального поля материи со структурой пространственно-временного многообразия и присоединенного

пространства с внутренней U(1)–симметрией, связано с изменением зарядовой составляющей в присоединенном пространстве за счет введения “обобщенной зарядовой координаты” – фазовой экспоненты

$$y(x') = P \cdot e^{ie \int_{x'}^x A_m(x) dx^m} y(x), \quad (1)$$

где e – заряд частицы, A^m – вектор-потенциал ЭМ поля, P – оператор пространственно-временного упорядочения.

Как показано в работах [10, 12-13], дополнительное присутствие фазового множителя в волновых функциях заряженного фермионного или скалярного полей выражения (1), при их подстановке в соответствующие лагранжианы свободного состояния, приводит к восстановлению локальной калибровочной симметрии, что находится в полном соответствии со стандартным построением локальной КЭД.

Становится понятным, во-первых, происхождение “рецепта” заряженного фермионного или скалярного полей КЭД для включения ЭМ поля в лагранжиан за счет замены обычных производных на ковариантные, во-вторых, замена традиционного для КЭД хронологического T–упорядочения операторов в вакуумных средних на хронологически-пространственное P–упорядочение.

Поскольку перераспределение масс и зарядов происходит в области действия структурообразующих сил под действием возмущения вносимого ЭМ полем, то необходимо учесть неизменность свойств ЭМ сил по отношению к иным видам взаимодействий, т.е. их индифферентность к наличию всех известных в настоящее время взаимодействий. В локальной формулировке теории эти симметрии были не востребованы по причине неизменности массы и заряда материального поля.

Альтернативное построение локальной КЭД можно достичь на основе изначального использования нелокальной калибровочно-инвариантной двухточечной функции Грина (ФГ) [10-13]

$$D_{\text{nonlocal}}(x, y; A) = i \langle P(f(x) e^{ie \int_x^y A_r(x) dx^r} f^+(y)) \rangle, \quad (2)$$

не привлекая этапа конструирования лагранжиана взаимодействия и S–матрицы. Выражение для ФГ (2) инвариантно относительно преобразования поля $f(x)$ и вектора-потенциала $A_r(x)$ ЭМ поля

$$f(x) \rightarrow f(x) e^{-ie a(x)}, \quad f_1^+(y) \rightarrow e^{ie_1 a(y)} f_1^+(y), \quad A_m(x) \rightarrow A_m(x) + \partial_m a(x). \quad (3)$$

Вычисление функциональной производной от ФГ (2) по вектору-потенциалу калибровочного поля [11] приводит в импульсном представлении к выражению для соответствующей ЭМ вершины с учетом статистики материального поля, которая согласована с ФГ свободной частицы до и после взаимодействия

$$\left. \frac{dD_{\text{nonlocal}}(x, y; A)}{dA_m(r)} \right|_{A=0} A_m(r) \rightarrow$$

$$(2p)^4 d(p+q-p') ee_m \int_0^1 dl \frac{\partial D(p+lq)}{\partial(p+lq)_m} = (2p)^4 d(p+q-p') D(p+q) \{-ee_m(p+p')^m\} D(p),$$

где $D(p) = 1/(p^2 - m^2 + i0)$ ФГ скалярной частицы.

Другими словами, вся информация об ЭМ взаимодействиях в КЭД содержится в нелокальных калибровочно-инвариантных структурах (2), независимо от того отвечают ли гайзенберговские поля в двухточечной ФГ локальной или нелокальной частице, лишь бы ее масса и заряд оставались неизменными в течение всего времени взаимодействия.

Если скалярное поле $f(z)$ под действием ЭМ поля распадается на два скалярных фрагмента $f_1(x)$, $f_2(y)$, то соответствующая трехточечная нелокальная калибровочно-инвариантная ФГ имеет вид [11]

$$G(x, y, z; A) = i \langle P(f(z) e^{ie_1 \int_x^z dr_r A^r(r)} f_1^+(x) e^{ie_2 \int_y^z dr_s A^s(r)} f_2^+(y)) \rangle. \quad (4)$$

Структура выражения (4), при условии сохранения заряда $e = e_1 + e_2$, инвариантна относительно локальных преобразований $U(1)$ -калибровочной группы

$$f(z) \rightarrow f(z) e^{-iea(z)}, f_1^+(x) \rightarrow f_1^+(x) e^{ie_1 a(x)}, f_2^+(y) \rightarrow f_2^+(y) e^{ie_2 a(y)},$$

$$A_m(r) \rightarrow A_m(r) + \partial_m a(r).$$

Вычисляя функциональную производную в импульсном представлении от выражения (4) получаем [11]

$$\left. \frac{dG(x, y, z; \{A\})}{dA_m(r)} \right|_{A=0} A_m(r) \rightarrow M_{reg} = (2p)^4 d(p+q-p_1-p_2) e_m \int_0^1 dl \left\{ e_1 \frac{\partial G(p_1-lq; p_2)}{\partial(p_1-lq)_m} + e_2 \frac{\partial G(p_1; p_2-lq)}{\partial(p_2-lq)_m} \right\}, \quad (5)$$

где e_i , p_i , $i=[1, 2]$ заряд и масса фрагментов соответственно.

Проводя аналогию с классическим лагранжевым описанием, исходное состояние нелокального поля до взаимодействия с ЭМ полем, будем отождествлять с сильносвязной трехточечной ФГ (4) и рассматривать ее как аналог свободного лагранжиана. По сути трехточечная ФГ является амплитудой вне массовой поверхности и описывает виртуальный переход нелокального поля в состояние его фрагментов и обратно.

Аналитическое выражение для обобщенной калибровочно-замкнутой амплитуды в соответствие с принципом универсальности принимает стандартный вид

$$M = eA_m J_m^{hadron} = A_m \frac{\partial G(x, y, z; \{A\})}{\partial A^m}, \quad eJ_m^{hadron} = \frac{\partial G(x, y, z; \{A\})}{\partial A^m}.$$

Структура амплитуды представляет собой сумму полюсного ряда (левые три диаграммы рис. 1), а включение фотона в вершинную часть приводит к

регулярной части обобщенной калибровочно-замкнутой амплитуды.

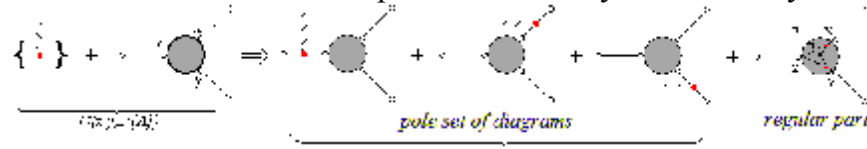


Рис. 1. Обобщенный набор калибровочно-инвариантных диаграмм.

Полная амплитуда расщепления нелокального поля получается в результате последовательного включения фотона во внешние концы трехточечной ФГ [11, 13].

2. Регулярная часть обобщенной полюсной амплитуды

Одним из источников получения информации о субъядерных взаимодействиях являются процессы ЭМ расщепления атомных ядер и исследование импульсных распределений наборов составляющих, отвечающих различным структурным уровням строения материи. Импульсные распределения составляющих в различных нелокальных полях материи индивидуальны и содержат всю информацию в интегральной форме об установившихся в связанной системе взаимодействиях.

Присутствие регулярной составляющей в полной амплитуде является следствием учета динамики в вершине сильного взаимодействия. Для изучения общих свойств регулярной части амплитуды и выявления физического смысла выполним иллюстративные расчеты расщепления скалярного нелокального поля, состоящего из двух скалярных “нуклонов”. При этом будем акцентировать внимание лишь на ЭМ аспекте взаимодействия для различных зарядовых конфигураций начального и конечного состояний. Расчеты наблюдаемых для процессов двухчастичного ЭМ расщепления ядер дейтерия и гелия в развитом подходе с учетом спиновой структуры и реалистической параметризации ядерных функций выполнены в работах [5-9].

Запишем матричный элемент фоторасщепления скалярного поля на два фрагмента [12, 13]

$$M = e \cdot e_m \cdot J^m, \quad (6)$$

где $e = \sqrt{4\pi a}$, $a = 1/137$, а структура тока J^m отвечает набору диаграмм нелокального адронного тока [14]:

$$J^m = J_{pol}^m + J_{reg}^m, \quad (7)$$

$$J_{pol}^m = z_s \frac{(d+d')^m}{s-m_d^2} G_s + z_t \frac{(p+p')^m}{t-m^2} G_t + z_u \frac{(n+n')^m}{u-m^2} G_u, \quad J_{reg}^m = \frac{k^m}{kq} (z_t G_t + z_u G_u - z_s G_s),$$

$z_{s,t,u}$ – заряды частиц в единицах элементарного заряда e , k_m – относительный

пространственно-подобный 4-импульс pn – пары $k \equiv k_s = (p-n)/2 = (0; \mathbf{p})$.

Вершинная функция $G_i \equiv G(-k_i^2)$, $i = [s, t, u]$ зависит от квадрата соответствующего канального относительного 4-импульса: $k_t = (p' - n)/2 = k_s - q/2$, $k_u = (p - n')/2 = k_s + q/2$, $q = (w; \boldsymbol{\omega})$ – 4-импульс фотона

($q^2 = 0$).

Нетрудно видеть, что полюсная часть полной амплитуды (11) описывает взаимодействие ЭМ поля с асимптотически сформировавшимися в in- и out-состояниях частицами (J_{pol}^m). В то время как регулярная часть (J_{reg}^m) той же амплитуды определяется “скоростью” изменения вершинной функции сильного взаимодействия G в соответствии с выражением (5), что в совокупности обеспечивает непрерывное изменение обобщенной зарядовой координаты – ЭМ фазы в течение всего времени взаимодействия и в соответствии с законом сохранения заряда.

После перехода в систему центра масс начальных частиц с осью Oz направленной вдоль импульса фотона и с векторами поляризации ЭМ поля $e_m^{(||)} = (0; 1; 0; 0)$, $e_m^{(\perp)} = (0; 0; 1; 0)$, в которой плоскость реакции совмещена с плоскостью xOy , а импульс протона направлен под углом q к оси Oz , получим выражение для дифференциального сечения на неполяризованном фотонном пучке

$$\left. \frac{ds}{d\Omega} \right|_{c.m.} = \frac{1}{64p^2 s} \frac{|\mathbf{p}|}{|w|} |\overline{M}|^2 = \frac{a}{32ps} \frac{|\mathbf{p}|^3 \sin^2 q}{|w|} \left[\left(z_t \frac{G_t}{pq} - z_u \frac{G_u}{nq} \right) - \frac{(z_t G_t + z_u G_u - z_s G_s)}{kq} \right]^2,$$

$$M = e \cdot (e_m k^m) \left[\left(z_t \frac{G_t}{pq} - z_u \frac{G_u}{nq} \right) - \frac{(z_t G_t + z_u G_u - z_s G_s)}{kq} \right], \quad s = (d + q)^2.$$

Для выявления общих свойств регулярной составляющей амплитуды и выяснения ее физического смысла выполним численные расчеты энергетического поведения полного сечения расщепления скалярного поля для различных моделей вершинной функции сильного взаимодействия.

Для низкоэнергетической асимптотики Юкавы полагаем ядерную вершину равной константе $G = \sqrt{a_o/2p}$, а соответствующая ей волновая функция принимает вид

$$\Psi_{Yu}(\mathbf{p}^2) = \sqrt{\frac{a_o}{2p}} \frac{1}{(\mathbf{p}^2 + a_o^2)}, \quad a_o = \sqrt{m \cdot r_{c6}}. \quad (8)$$

На рис. 2 она изображена точечной кривой.

Какое влияние будет оказывать регулярная часть амплитуды в реалистическом расчете сечения на дейтроне, исходя из его нуклонного устройства, можно будет уже качественно получить на этапе исследования поведения его импульсного распределения и сравнения с асимптотическим распределением Юкавы (8). На рис. 2 импульсное распределение нуклонов в дейтроне $\Psi_{d-Reid}^2(\mathbf{p}^2) = u^2(\mathbf{p}^2) + w^2(\mathbf{p}^2)$

с учетом вкладов S– и D–волн в параметризации Рейда изображено сплошной

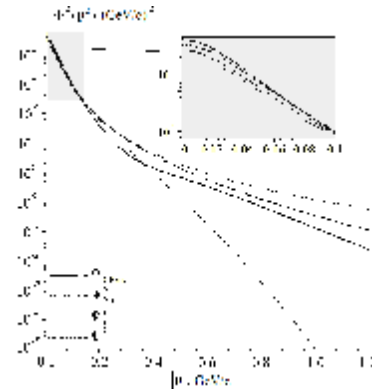


Рис. 2. Различные виды импульсного распределения составляющих в сильносвязной системе

кривой. Важным для дальнейшего обсуждения роли регулярной части амплитуды является то, что реалистическое распределение при импульсах больших 0,17 ГэВ/с расположено ниже точечной кривой.

Пунктирная кривая на рис. 2 занимает в высокоимпульсной области промежуточное положение по отношению к асимптотическому и реалистическому распределениям $G_2(\mathbf{p}^2) = (a_o + 1)^{3/2} / (\mathbf{p}^2 + 1)$. “Жесткое” распределение, в котором значительно “меньше” высокоимпульсной компоненты полагаем $G_1(\mathbf{p}^2) = e^{-6\mathbf{p}^2/m^2}$, $\Psi_1(\mathbf{p}^2) = e^{-6\mathbf{p}^2/m^2} / (\mathbf{p}^2 + a_o^2) \cdot 3.04p$.

В области малых относительных импульсов ($|\mathbf{p}| \leq 200$ МэВ/с) функции импульсного распределения практически неотличимы, что обеспечивает надежное применение нерелятивистского импульсного приближения, которому отвечает полюсная часть амплитуды. Дополнительным соображением, в пользу сказанного, является отсутствие вклада контактной диаграммы, поскольку для постоянной вершинной функции (8) регулярная часть амплитуды обращается в ноль $\Psi(\mathbf{p}^2) = G / (\mathbf{p}^2 + a_o^2)$, $J_{reg}^m = (k^m/kq)(z_t + z_u - z_s) \cdot G = 0$.

В связи с этим устанавливается физический смысл контактного механизма в полной амплитуде: регулярная часть полюсной амплитуды учитывает динамическое отличие в поведении одночастичной нуклонной волновой функции от асимптотики Юкавы, т.е. показывает долю электрических многочастичных вкладов в полную амплитуду в дополнение к одночастичным механизмам.

Отметим, что вклады в сечение от регулярной части амплитуды для двух вариантов параметризации вершинной функции Ψ_1 и Ψ_2 имеют конструктивный характер (рис. 3).

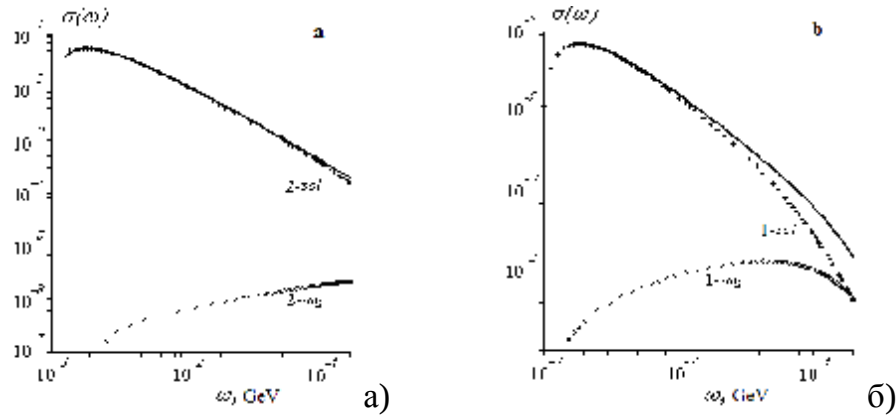


Рис. 3. Зависимость полного сечения (сплошная кривая) фоторасщепления скалярного дейтрона от энергии фотона в системе центра масс начальных частиц для импульсного распределения $\Psi_2(\mathbf{p}^2)$. Вклады в сечение только от полюсной и регулярной частей амплитуды отмечены как 2-reg и 2-pol соответственно – (а); (б) – то же самое, что на позиции (а), но для импульсного распределения $\Psi_1(\mathbf{p}^2)$. Величины сечений представлены в условных единицах. Вклад регулярной части в полное сечение для импульсного распределения $\Psi_1(\mathbf{p}^2)$ составляет 27%, а для $\Psi_2(\mathbf{p}^2)$ – 3%.

Импульсное распределение (кривая $\Psi_2(\mathbf{p}^2)$ на рис. 2) ближе к распределению соответствующему асимптотике Юкавы (точечная кривая), для которого вклад контактного механизма равен нулю, а, следовательно, полное сечение на рис. 2 (а) фактически определяется лишь полюсной составляющей амплитуды при энергиях фотона от порога расщепления до 200 МэВ. Для распределения $\Psi_1(\mathbf{p}^2)$ (рис. 3 (б)) вклад регулярной части амплитуды значителен, а отличие полного сечения от полюсного вклада при энергии фотона 200 МэВ составляет три раза.

Проведенный анализ роли регулярной составляющей амплитуды на поведение энергетической зависимости полного сечения показал, что с ростом энергии фотона для различных импульсных распределений наблюдается сильная чувствительность к взаимному соотношению между вкладами полюсной и регулярной частями амплитуды.

В связи с уже установленными свойствами регулярной части при низких энергиях возникает интерес выявления тех ограничений на функциональную зависимость вершинной функции, которые не приводят к росту полных теоретических фотосечений на ядрах при асимптотически больших энергиях фотонов $1 \leq E_g^{n.c.} \leq 100 \text{ ГэВ}$. Указанные сечения на ядрах ^{12}C и ^{82}Pb измерены на интервале энергий фотонов от 10 эВ до 100 ГэВ, а ядре дейтерия до 20 ГэВ. Характерным для этих сечений является их выход на постоянную величину при энергиях больших 100 МэВ.

Для выявления роли регулярной части на формирование высокоэнергетического поведения сечения выполним разложение матричного элемента (7) по kq [10, 11] и приравняв его константе, получаем дифференциальное уравнение для вершинной функции, что обеспечит постоянство полного сечения при высоких энергиях. Его частное решение в с.д.и. имеет вид

$$G(s) = \frac{c_1}{4}(s - 4m^2) - \frac{Const}{4(z_t - z_u)}(s - M^2) \ln \frac{(s - M^2)}{4a_0^2},$$

где c_1 константа интегрирования. Это условие означает, что “хвост” $q\bar{q}$ –распределений выходит за границы конфайнмента и исчезает на границах ядра.

Обращает внимание экспериментальный факт [15] поведения полных фотосечений на дейтроне и протоне, которые приведены на рис. 4. Трудно указать механизм реакции, который бы на столь широком интервале энергий фотонов 1-20 ГэВ “удерживал” значения величин обоих полных сечений параллельными и практически с постоянными значениями. Аналогичная тенденция прослеживается для полных сечений сильно взаимодействующих частиц (pd и pn), ($\bar{p}d$ и $\bar{p}n$), (p^-d и p^-p), (K^-d и K^-p) [11] в более широких диапазонах импульсов налетающих пучков в лабораторной системе – от $\sim(1 \div 300) \text{ ГэВ/с}$.

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

во-первых, невозможно указать механизм реакции, который бы

обеспечивал постоянство полного сечения в широком интервале энергий;

во-вторых, если предположить, что концентрация кварк-глюонного состояния в области конфайнмента постоянна, а постоянство полных сечений на дейтроне и протоне связано, лишь с размерами геометрических сечений соответствующих сферических областей конфайнмента, то величина их отношения равна $\sqrt[3]{2^2} \approx 1,6$ (следствие свойства насыщения ядерных сил в теории ядра);

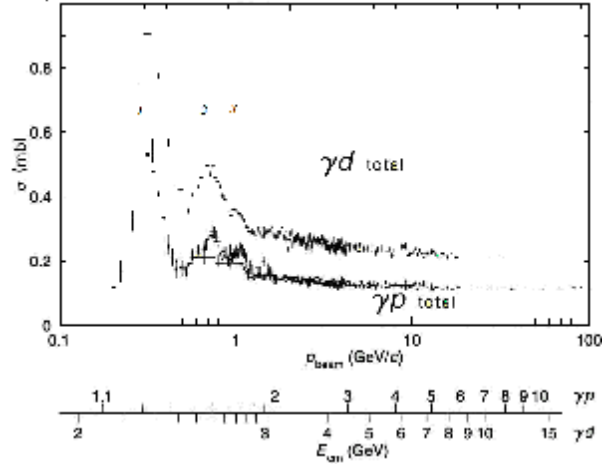


Рис. 4. Фотосечения на протоне и дейтроне в зависимости от импульса фотонов в лабораторной системе или полной энергии в системе центра масс [16]. Пунктирные вертикальные линии 1, 2 и 3 показывают основные резонансные пики возбуждения трех кварковых конфигураций в протоне и дейтроне.

в-третьих, в пользу “одинакового устройства” протона и ядра дейтерия указывает поведение их полных фотосечений (рис. 4). Протон как 3q конфигурация сохраняет свою индивидуальность даже в связанном состоянии в ядре дейтерия. Когда длина волны зондирующего фотона становится меньше области локализации протона, доминирующим в структурном плане является трехкварковая конфигурация, с характерным набором собственных частот возбуждения.

Внутренняя область конфайнмента электрически нейтральна, т.е. избыточный дополнительный заряд в ней отсутствует. Удержание величин полных сечений на протоне и дейтроне на постоянном значении можно объяснить за счет логарифмически возрастающего их закона импульсного распределения и увеличения числа кварковых диполей при продвижении к центру области конфайнмента.

Не имея аналитического выражения вершинной функции, учитывающего структурные изменения при переходе от нуклонных представлений при малых энергиях к кварк-глюонным при высоких, выполним иллюстративный расчет полного сечения на основе матричного элемента (6) с привлечением резонансной модели и вершинной функции

$$G(-k^2) = 8\sqrt{2} \left[\sqrt{a_0 p m} - 3,5 \cdot \frac{(a_0^2 - k^2) \ln \left(1 - \frac{k^2}{a_0^2} \right)}{(z_t - z_u) m} \right],$$

в которой первое выражение в квадратных скобках обеспечивает правильное низкоэнергетическое поведение полного сечения для электрически-дипольного поглощения на дейтроне у порога.

Учет резонансов проведем в соответствии со стандартной Брейт-Вигнеровской формой $(m \cdot \Gamma_e/2)/(E_R - E - i\Gamma_{tot}/2)$, где E – полная энергия в системе центра масс. Результаты расчета полного сечения приведены на рис. 5.

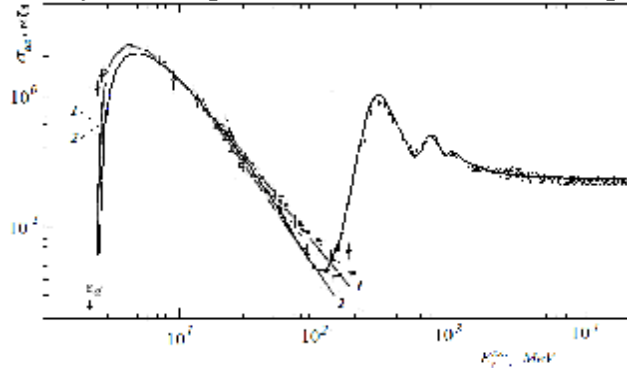


Рис. 5. Энергетическая зависимость полного фотосечения на ядре дейтерия от порога расщепления до 20 ГэВ для энергий фотона в лабораторной системе. Набор мировых данных по экспериментальным измерениям полного сечения при энергиях фотона меньших 200 МэВ [15]. Теоретические расчеты (кривые 1 и 2) выполнены в релятивистской калибровочно-инвариантной модели [5, 15] с волновыми функциями дейтрона парижской (кривая 1) и рейдовской (кривая 2) параметризаций. Оставшаяся кривая – модельный расчет на основе учета трех резонансов.

Отметим общее свойство обобщенной калибровочно-инвариантной полюсной амплитуды (1), которое имеет место независимо от явного вида вершинной функции сильного взаимодействия. Относительный знак между полюсной и регулярной частями в обобщенной амплитуде фиксирован требованием сохранения полного ЭМ тока.

Поэтому можно сделать вывод, что регулярная составляющая обобщенной полюсной амплитуды является динамической мерой нелокальности связанного состояния и показывает как “быстро” теряют свою индивидуальность структурные образования исходного уровня строения материи при переходе в иной масштаб пространственно-временной локализации.

Заключение

Показано, что дополнительный учет требований к набору аксиоматических положений локальной КЭД, позволяет последовательно ввести в рассмотрение нелокальные поля материи, не привлекая методов построения лагранжиана взаимодействия. На основе выбора структуры обобщенного конфигурационного пространства проведено корректное описание перераспределения заряда и массы нелокального поля между его фрагментами в области структурообразующего взаимодействия. Использование нелокальных калибровочно-инвариантных двух- и трехточечных ФГ приводит к определению ЭМ вершин и обобщенной полюсной амплитуды, в которой динамически согласованы действия законов сохранения энергии-импульса и заряда.

В обобщенной амплитуде автоматически сохраняются изначально присутствующие свойства калибровочной симметрии независимо от вида структурообразующих сил нелокального поля. Этот факт позволяет рассматривать вершины сильного взаимодействия в процессах ЭМ расщепления как свободные функциональные параметры. Полученная амплитуда обладает важным свойством инвариантности относительно эволюции структурообразующих сил нелокального поля и набора его составляющих при условии точного сохранения калибровочных свойств ЭМ поля. В результате проведенных действий удастся отделить ЭМ аспект исследований от структурного, сохранив при этом в неизменном виде группу $U(1)$ –калибровочной симметрии и обеспечив тем самым выполнение свойства универсальности ЭМ взаимодействий для нелокальных полей.

К преимуществу развитого подхода можно отнести то, что он существенно расширяет возможности КЭД для исследования нелокальных полей, но при этом не изменяет ни единого результата, полученного ранее в локальном квантово-полевым подходе.

Список литературы: 1. Боголюбов Н. Н., Логунов А. А., Оксак А. И., Тодоров И. Т. Общие принципы квантовой теории поля. – М.: Наука: гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 616 с. 2. Ефимов Г. В. Проблемы квантовой теории нелокальных взаимодействий. – М.: Наука: гл. ред. физ.-мат. лит., 1985. – 216 с. 3. Terning J. Gauging nonlocal Lagrangians // Phys. Rev. D.– 1991.–Vol. 44.– P. 887-897. 4. Mandelstam S. Quantum electrodynamics without potentials // Ann. Phys. – 1962.–Vol. 19.–P. 1-24. 5. Нагорный С. И., Касаткин Ю. А., Инопин Е. В., Кириченко И. К. Релятивистские связанные системы в квантовой электродинамике // ЯФ. –1989. – Т. 49, вып. 3. – С. 749-763. 6. Нагорный С.И., Касаткин Ю. А., Золенко В.А. и др. Ковариантный подход в теории фотоядерных реакций $\gamma^0 \rightarrow 1/2^+ 1/2^+$ и его реализация на ядре ${}^4\text{He}$ // ЯФ.– 1991.– Т.53, вып. 2.– С. 365-390. 7. Заяц А.А., Золенко В.А., Касаткин Ю.А. и др. Электродезинтеграция ядра ${}^4\text{He}$: ${}^4\text{He}(e, e'N)T$ // ЯФ.– 1992.– Т.55, вып. 2.– С. 325-344. 8. Заяц А. А., Золенко В. А., Касаткин Ю. А., Корж А. П. Процессы $g + {}^4\text{He} \rightarrow d + d$ в релятивистской калибровочно-инвариантной модели // ЯФ.– 1994. – Т.57.–№ 5.– С. 798-809. 9. Заяц А.А., Золенко В.А., Касаткин Ю.А. Электродезинтеграция ядра ${}^4\text{He}$: ${}^4\text{He}(e, e'd)^2\text{H}$ // ЯФ.– 1995.– Т.58, №3.– С. 439-447. 10. Касаткин Ю. А. Геометрический аспект калибровочных полей и возможность единого описания локальных и нелокальных взаимодействий в КЭД // Письма в ЭЧАЯ.–2009.–Т.6.– №1(150). – С. 41-53. 11. Касаткин Ю. А. Локальная $U(1)$ –калибровочная инвариантность и фоторасщепление сильно связанных систем // Письма в ЭЧАЯ.–2004.–Т.1.–№5(122). – С. 30-49. 12. Касаткин Ю. А. Возможность единого описания локальных и нелокальных электромагнитных взаимодействий // Вестник Харьковского национального университета, серия физическая «Ядра, частицы, поля».–2008.–№808.–Вып. 2/38/. – С. 61-67. 13. Касаткин Ю.А., Кириченко И.К., Клепиков В.Ф., Корж А.П. Нелокальные взаимодействия в квантовой электродинамике.– Х.: Студцентр, 2009. – 240 с. 14. Славнов А. А., Фаддеев Л. Д. Введение в квантовую теорию калибровочных полей.– М.: Наука, 1988.– 272 с. 15. Wightman A. S. Quantum field theory in terms of vacuum expectation values // Phys. Rev.–1956, Vol. 101.–P. 860-879. 16. Lehmann H., Symanzik K. Zur Formulierung quantisierter Feldtheorien // Nuovo Cim.–1955.–Vol. 1.– P. 205-223; Zur Formulierung quantisierter Feldtheorien, II // Nuovo Cim.–1957, Vol. 6.– P. 319-338.

Поступила в редколлегию 24.01.2011

УДК 004.415.2.031.43

ОЛЬГА КИСЕЛЕВА, ст. преподаватель, НТУУ «КПИ», г. Киев

НАТАЛЬЯ БЕСЧАСТНАЯ, научный сотрудник, Технический университет Дрездена (Германия)

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЗАМКНУТАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БИОСТАБИЛЬНОСТИ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ СРЕДСТВ NI LABVIEW

Стаття присвячена автоматизації експериментального стенду, функціонуючого по принципу системи кровообігу людини та виконуючого задачі для лабораторного дослідження біостабільності матеріалів, які застосовуються в біомедичній техніці.

Ключові слова: NI LabVIEW, автоматизація експерименту, біостабільність матеріалів.

Статья посвящена автоматизации экспериментального стенда, функционирующего по принципу системы кровообращения человека и служащего для лабораторного исследования биостабильности материалов, применяемых в биомедицинской технике.

Ключевые слова: NI LabVIEW, автоматизация эксперимента, биостабильность материалов.

This article describes the automation process of the experimental stand which operates like the circulatory system of the human body. This stand allows testing properties of biostability of materials in laboratory.

Key words: NI LabVIEW, experiment automation, materials biostability.

Введение

Стремительное развитие биомедицинской техники, имплантологии и биомедицины ведет к созданию новых приборов и инструментов для терапии и диагностики заболеваний. Такие сложные системы как кардиостимуляторы и глазные имплантаты, предназначенные для использования в непосредственном контакте с человеческим организмом, а именно внутри него, должны оставаться надежными и выполнять свои функции на протяжении всего периода эксплуатации, который достигает для сложных имплантируемых систем 5 - 10 лет. Для достижения высокой степени надежности необходимо использование биоустойчивых материалов, сохраняющих свои свойства неизменными в контакте с биологической средой. Для определения свойств биостабильности таких материалов существует несколько методов, одним из которых является тестирование материалов с помощью искусственно созданных биологических стрессов в лаборатории.

Постановка задачи исследования

Принцип исследования заключается во взаимодействии образцов материалов с искусственной биологической жидкостью (например, искусственной плазмой крови) в специально сконструированной камере стенда (см. рис. 1). Жидкость создает ламинарный поток вдоль поверхностей образцов и воздействует своим химическим составом и параметрами (температурой, давлением и скоростью потока) на исследуемый материал. Для контроля параметров в ходе эксперимента и для считывания данных с датчиков температуры, давления и скорости потока используются программно-аппаратные

средства компании National Instruments (система NI LabVIEW, коннекторный блок, плата сбора данных).

Описание экспериментальной установки (замкнутой системы)

Экспериментальная установка, предназначенная для исследования биостабильности материалов посредством длительного взаимодействия с биологическими жидкостями или их искусственными прототипами, изображенная на рис. 1, была разработана лабораторией проф. Ю.Вольтера на факультете Электротехники и Информационной Техники Технического университета Дрездена (Германия) [1], [2]. Основным элементом схемы-модели системы кровообращения организма человека является камера, в которой образцы материалов размещаются параллельно друг к другу и подвергаются в течение эксперимента ламинарному воздействию жидкости протекающей по параллельным каналам. Динамика жидкости в системе осуществляется с помощью насоса типа BVP Process производства ISMATEC (Германия). В замкнутый цикл интегрированы датчики для измерения температуры, давления и скорости потока жидкости в системе, а также резервуар для ее накопления.

По условию эксперимента по исследованию свойств биостабильности метериалов, замкнутая система (см. рис. 1) должна непрерывно работать в течении 3-4 месяцев и поддерживать постоянными все заданные параметры. Для оценки параметров системы (температура, давление, скорость потока жидкости, ламинарность потока в камере - определяется постоянством скорости вращения насоса) был разработан программно-аппаратный комплекс для сбора, записи и передачи данных из системы в компьютер и обратно.

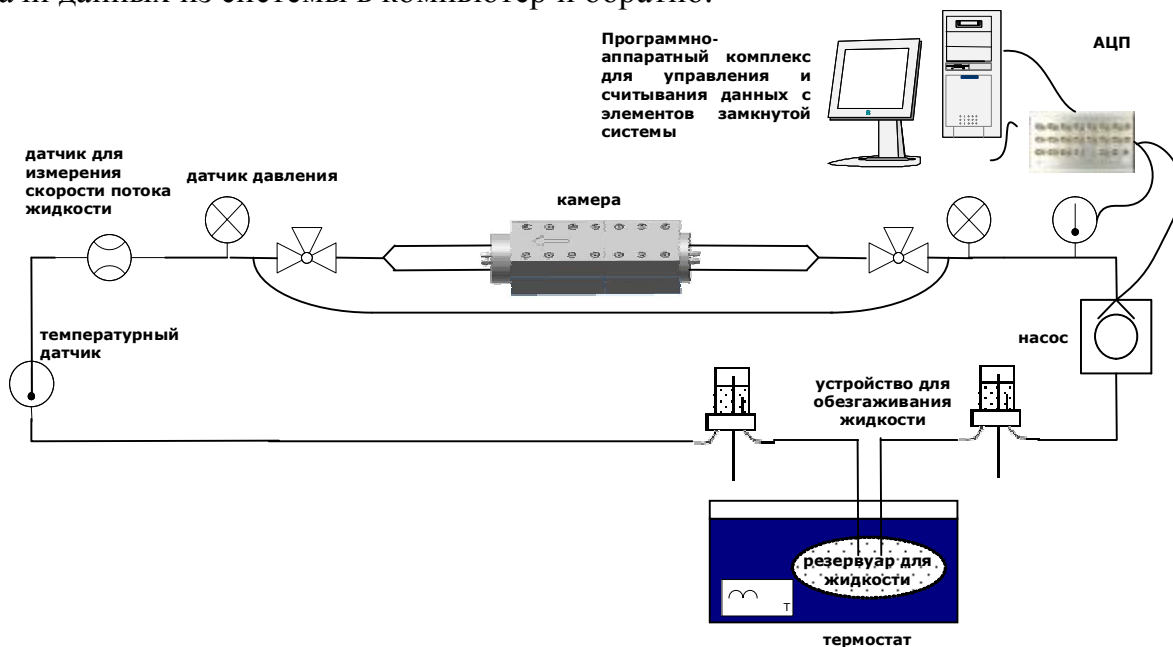


Рис. 1. Система исследования биостабильности материалов

Автоматизация замкнутой системы

Структурная схема автоматизированной замкнутой системы для исследования биостабильности материалов изображена на рис. 2. Автоматизация системы предполагает решение следующих задач:

- 1) управление приводами насоса с целью автоматической регуляции скорости потока жидкости в системе;
- 2) сбор данных с регистрирующих датчиков (минимизация шумов и других источников систематических погрешностей измерений;
- 3) коррекция колебаний сигналов с датчиков относительно базовой линии);
- 4) представление результатов измерений в графической и цифровой форме, сохранение числовых данных в формате *.xls, *.doc.

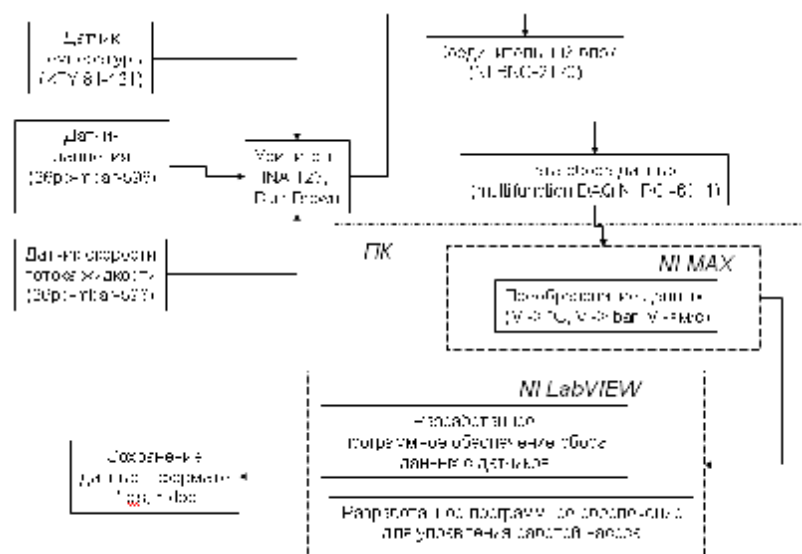


Рис. 2. Структурная схема алгоритма автоматизации сбора данных с датчиков модели системы кровообращения

помощи которого задается начальная скорость потока и давление жидкости в системе.

В связи с нестабильной работой насоса, как составной части системы, а также возможными изменениями в контуре (изменения значений давления, температуры, скорости и ламинарности потока жидкости), был разработан алгоритм саморегулирования работы системы. Данный алгоритм выполняет удаленное управление насосом (рис. 3).

Для измерения параметров и сбора данных служат три вида датчиков (2 температурных, 2 - давления и 1 - скорости потока жидкости). Так же, в систему входит АЦП-преобразователь, система сбора данных и компьютер, на котором установлена разработанная авторами статьи программа сбора и анализа данных.

Важным компонентом замкнутой системы является насос, при

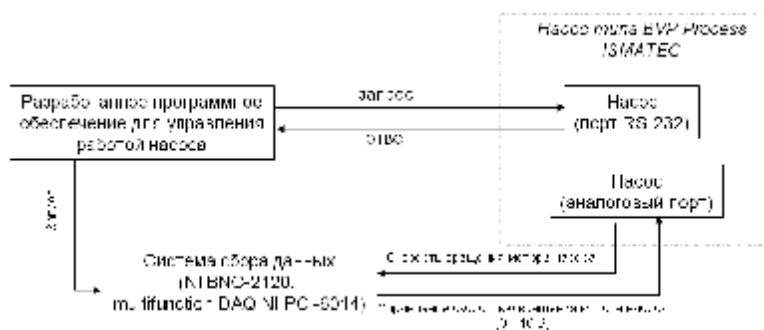


Рис. 3. Структурная схема удаленного управления работой насоса

Разработка программного обеспечения

Для разработки программного обеспечения сбора данных с датчиков и управления работой насоса (см. рис. 4, рис. 5) использовалось программно-аппаратное обеспечение компании National Instrument. Программная разработка велась в графической среде разработки виртуальных приборов NI LabVIEW.

На рис. 4 изображена 1-я часть пользовательского интерфейса системы (панель “Измерения и настройка”). Здесь, параметр “Flow speed” задает скорость потока жидкости, которая должна поддерживаться в системе. Во время работы программы происходит сравнение заданного значения с текущим на датчике в реальном времени. График “Pump’s rotation rate, rpm” показывает зависимость изменения скорости вращения насоса от времени. График “Fluid Velocity, ml/h” показывает изменения на датчике скорости потока жидкости от времени.

На рис. 5 изображена 2-я часть пользовательского интерфейса системы (панель “Сбор данных с датчиков”). Здесь, график «Temperature, °C» показывает изменения на температурных датчиках от времени, график «Pressure P1, bar» отображает давление на первом датчике давления, а также нижний и верхний предел допустимой области изменения давления. График «Pressure P2, bar» отображает давление на втором датчике давления, а также нижний и верхний предел допустимой области изменения давления. Разработанная программа предусматривает сохранение

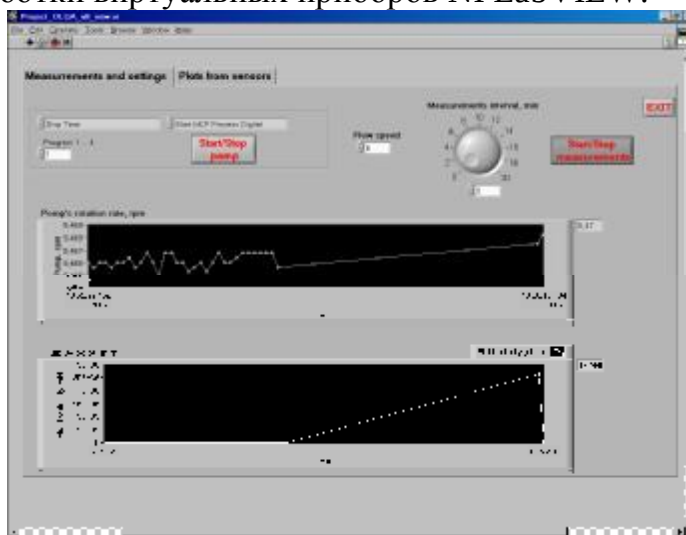


Рис. 4. Пользовательский интерфейс системы исследования биостабильности материалов на основе удаленного контроля за работой насоса и датчиков, как элементов системы (1-я часть (панель “Измерения и настройка”), все данные на графиках заданы с помощью генератора случайных чисел)

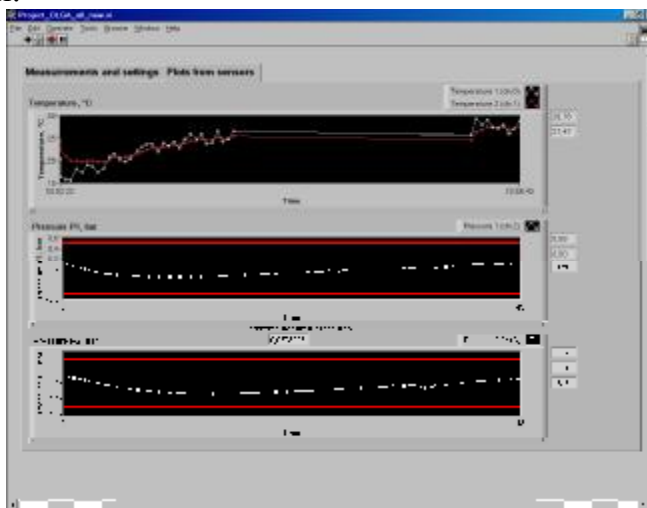


Рис. 5. Пользовательский интерфейс системы исследования биостабильности материалов на основе удаленного контроля за работой насоса и датчиков, как элементов системы (2-я часть (панель панель “Сбор данных с датчиков”), все данные на графиках заданы с помощью генератора случайных чисел)

данных полученных от датчиков в определенные моменты времени в файл форматов *.txt или *.xls, в зависимости от длительности измерения и последующего анализа (рис. 6, 7).

Time	Date	Temperature 1	Temperature 2	Pressure 1	Pressure 2	Fluid Velocity
16:45	09.02	24,723910	23,723910	0,029883	0,093571	0,718739
16:46	09.02	24,719737	23,719737	0,028887	0,090084	0,711751
16:47	09.02	24,723910	23,723910	0,027642	0,086847	0,704963
16:48	09.02	24,718346	23,718346	0,026957	0,083983	0,697377
16:49	09.02	24,722519	23,722519	0,026147	0,081244	0,690389
16:50	09.02	24,719737	23,719737	0,025649	0,079065	0,683401
16:51	09.02	24,719737	23,719737	0,025027	0,079065	0,676414

Рис 6. Результаты измерений в текстовом формате

Рис. 7. Результаты измерений в табличном формате (система Ms Excel)

Результаты тестирования программного обеспечения

В результате тестирования работы разработанного программного обеспечения автоматизации замкнутой системы для исследования свойств биостабильности материалов электронной техники, были получены следующие результаты:

1) установлен нелинейный закон изменения скорости вращения насоса от напряжения на аналоговом выходе (в независимости от вида управления (автономное или удаленное)), а также уровень вращения насоса при удаленном управлении, по умолчанию, не превышает 5 В, что приводит к некорректной работе насоса (рис. 8).

Согласно документации на насос, скорость ее вращения задается в пределах 1.0 – 240.0 грм, что соответствует 0 – 10 В. По умолчанию, эти пределы для удаленного управления через порт RS-232 составляют 0 – 5 В, причем их изменение без технического специалиста невозможно.

2) Во время тестирования программы в канале измерения скорости вращения насоса проявились шумы на уровне 0,03 Гц (колебания сигнала + 20%, рис. 9, рис.10).

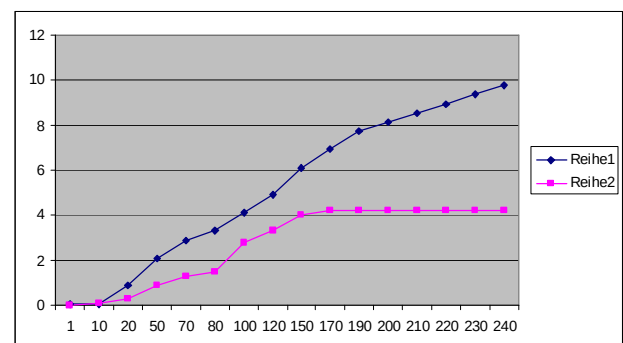


Рис. 8. График изменения скорости вращения насоса от напряжения на аналоговом выходе (Reihe 1 – измерения сняты при автономной работе насоса, Reihe 2 – измерения сняты при запуске насоса из программы)



Рис. 9. График изменения напряжения на аналоговом выходе насоса, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени

3) Установлена временная нестабильность работы насоса

За 6 часов проведения измерения наблюдается изменение (уменьшение) скорости вращения насоса примерно на 5% (рис.10).

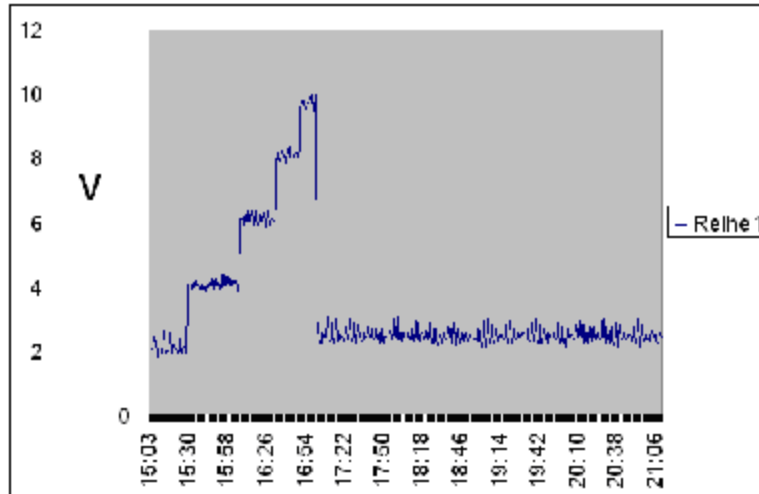


Рис. 10. График изменения напряжения на аналоговом выходе насоса, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени в течении 6-ти часов измерений

4) Выявленные шумовые процессы колебательной природы в сигнале были устранены с помощью подключения конденсаторов различной емкостью (от 35 мкФ до 470 мкФ и напряжением до 35 В, рис. 11 - 15).

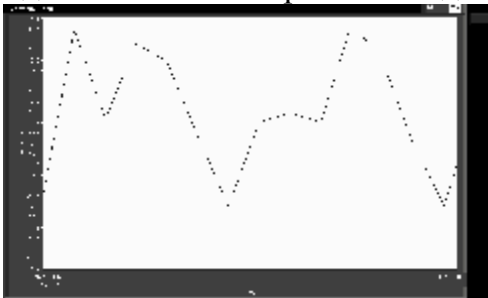


Рис. 11. График изменения напряжения на выходе насоса, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени с подключением к каналу конденсатора емкостью 470 мкФ, при постоянной скорости вращения насоса на входе

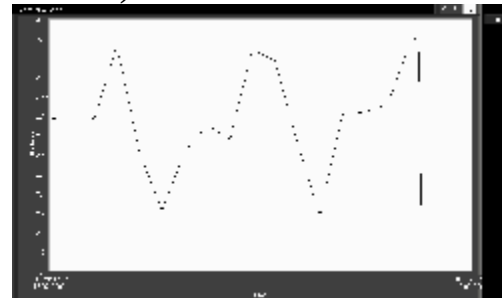


Рис. 12. График изменения напряжения на выходе насоса, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени с подключением к каналу конденсатора емкостью 100 мкФ, при постоянной скорости вращения насоса на входе

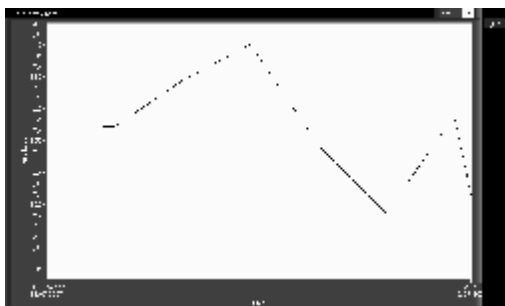


Рис.13. График изменения напряжения на выходе помпы, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени с подключением к каналу конденсатора емкостью 220 мкФ, при постоянной скорости вращения насоса на входе



Рис.14. График изменения напряжения на выходе насоса, в канале измерения скорости вращения насоса, от времени с подключением к каналу конденсатора емкостью 35 мкФ, измерения в течении 6 часов с варьированием скорости работы насоса

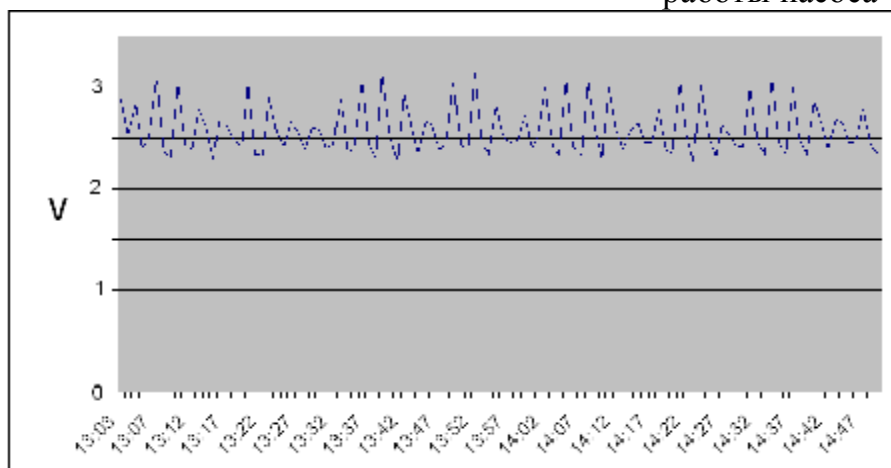


Рис.15. График изменения напряжения на выходе помпы, в канале измерения скорости вращения помпы, от времени с подключением к каналу конденсатора емкостью 35 мкФ, при постоянной скорости вращения помпы на входе

Выводы

Автоматизация эксперимента занимает важное место при проведении многих видов лабораторных исследований. Принятые в работе алгоритмические, программные и аппаратные решения в ходе экспериментов показали свои достоинства и применимость, а именно, выбор программно-аппаратное обеспечение компании National Instruments (NI, США), использование системы сбора данных (DAQ), ЦАП/АЦП и др., графической среды разработки лабораторных виртуальных приборов LabVIEW. К основным преимуществам разработанной системы сбора, обработки и тестирования данных любой природы относится ее многоплатформенность, удобство эксплуатации, обеспечение высокой достоверности результатов экспериментов по исследованию биостабильности материалов применяемых в биомедицинских исследованиях и разработках.

Программное управление и автоматизация сбора данных в экспериментальной лабораторной установке позволил увеличить стабильность и

ламинарность потока жидкости по замкнутой системе, а также обеспечить контроль за характеристиками системы.

Список литературы: 1. Beshchasna N.: Bestimmung der hydrolytischen Biostabilität Bon Materialien der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik. Dissertation, Technische Universität Dresden, Themenreihe: System Integration in Electronic Packaging 11. Herausgegeben Bon Wolter, K.-J./ Zerna, T./ Wiese, S., 1. Auflage 10.2010. 2. Uhlemann J., Beshchasna N.: Biokompatibilität in der Aufbau- und Verbindungstechnik der Elektronik - Teil 4. Produktion Bon Leiterplatten und Systemen (PLUS), 1/2010, S. 180 – 203. 3. Кисельова О.Г., Герасимчук М.В. Програмні засоби обчислення нелінійних характеристик часових рядів // Журнал «Восточно-Европейский журнал передовых технологий», №5/4 (47), 10.2010, ст. 49 – 52. 4. Кисельова О.Г. Досвід використання середовища розробки віртуальних приладів NI LabVIEW в навчальному процесі // Матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції «Комп'ютерні технології: наука і освіта», м. Івано-Франківськ, 29.09-3.10.2010 р., ст. 102-104. 5. O. Kyselova, G. Smolianskiene, D. Adamoniene, D. Kaziukoniene, A. RomanoB. Use of a Birtual Instrument to Measure the Mass Concentration of Nitrogen Dioxide // Journal “American Laboratory”. ISC, USA, (August, 2010), Vol.42, No. 8 p. 29 – 35. 6. Кисельова О.Г. Розробка віртуальних лабораторій у навчальному процесі медико-інженерних спеціальностей // Сбірник праць 6-ї міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій РТ-2010», квітень 2010, м. Севастополь, ст. 503. 7. Кисельова О.Г., Яценко В.П. Віртуальні прилади у біомедицині // Матеріали III міжнародної конференції «Актуальні проблеми біомедичної інженерії, інформатики, кібернетики і телемедицини», м. Київ, 11 – 13 березня 2010 р., ст. 93 – 96.

СОДЕРЖАНИЕ

О.В. Саввова, О.В. Бабіч Дослідження впливу фосфатів кальцію на ТКЛР біосумісних стекол системи $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{RO}_2-\text{R}_2\text{O}_3-\text{P}_2\text{O}_5-\text{SiO}_2$	3
М.С. Бойко, Н.Ф. Клещев, Л.В. Горбунов Оптимизация криобиотехнологических процедур, связанных с длительным хранением эмбрионов млекопитающих	7
Б.В. Дзюндзюк, Н.Л. Березуцкая, И.И. Хондак Применение обучающей программы по методам утилизации и переработки промышленных и бытовых отходов в учебном процессе	12
Л.Н. Чунихина, В.Ф. Райко, В.В. Макаренко, В.В. Пархоменко, Н.Д. Устинова Разработка технологического процесса по утилизации и термохимической деструкции твердых пластмассовых (пленочных) отходов группы СН	18
О.В. Шалыгина, Г.И. Миронова, А.Ю. Бровин Проблемы защиты нагревательной аппаратуры от коррозии	22
А.Г. Журило Сталистый чугун как предшественник высокопрочного чугуна	27
В.И. Олевский О применимости метода гомотопического возмущения к решению задач механики	33
А.В. Маковецкий Определение параметров, влияющих на технологическую точность горячей объемной штамповки деталей авиационных конструкций из титановых сплавов типа ВТ-20	37
М.Е. Тараненко, А.В. Демченко Необходимость интерактивного контроля при последовательном локальном деформировании крупногабаритных листовых деталей	45

М.Е. Тараненко	50
Влияние управления полем нагружения при электрогидравлической штамповке на повышение качества крупногабаритных листовых деталей	
В.В. Плетин	52
Выбор методики расчета овално-конической оболочки в зависимости от схемы ее параметризации	
А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.В. Канивец, В.В. Дудник	57
Влияние вида обработки деталей на напряженное состояние материала	
А.А. Дудников, А.И. Беловод, А.В. Канивец, В.В. Дудник	61
Изменение характеристик материала деталей при вибрационном методе восстановления	
Ю. А. Быков	65
Факторы влияния распределения температуры на аэроупругость лопаток турбинной решетки	
И.В. Смирнов, И.А. Селиверстов, О.А. Войтович, А.В. Чорний, В.И. Копылов	70
Повышение износостойкости плазменных покрытий на основе композиционного порошка с наночастицами SiO ₂	
Ю.О. Давідіч, Д.П. Понкратов, М.В. Ольхова, К.В. Соломатіна	75
Дослідження розподілу видів вантажів між автомобільним і залізничним видами транспорту	
А. Ю. Соколов, О. С. Радивоненко, О. И. Морозова, О. Г. Молчанова	79
Использование онтологического теста в системе оценивания качества обучения	
Д. М. Рославцев, Г. В. Черкасова	85
Критерії ефективності в проектах модернізації логістичних систем	

А.Н. Горяинов	89
Выделение общих свойств диагностического подхода применительно к транспорту	
И.Ш. Невлюдов, В.В. Евсеев, В.О. Бортникова	94
Модели жизненного цикла программного обеспечения при разработке корпоративных информационных систем технологической подготовки производства	
А.В. Прохоров, Ю.Н. Страшненко	101
Взаимодействие агентов имитационной модели при решении задач управления финансовыми ресурсами банка	
И.В. Кононенко, И.В.Протасов	108
Модель самоуправления содержанием деятельности владельца бизнеса	
А.В. Холодкова	113
Модель взаимодействия многоагентной системы управления ТКС	
Н.У. Гюлев	117
Об изменении времени реакции водителя вследствие пребывания в транспортном заторе	
Ю.А. Косенко-Белинский	123
Определение влияния характеристик клапанных пружин на рабочий процесс и показатели пульпового насоса НБТ-600	
Г.И. Канюк, Ю.А. Касаткин, И.К. Кириченко, О.Д. Пташный	128
Электромагнитные взаимодействия с нелокальными полями материи	
Ольга Киселева, Наталья Бесчастная	139
Автоматизированная замкнутая система для исследования биостабильности материалов с применением средств NI LABVIEW	

Наукове видання

**ВІСНИК НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ "ХПІ"**

Збірник наукових праць

Тематичний випуск

"Нові рішення в сучасних технологіях"

Випуск №2

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. №17-11

Підписано до друку 11.02.2011. Формат 60х84/16 Папір офсетний.
Друк різнографічний. Ум.-друк. арк. 8. Зам. №2

Надруковано у видавництві "Технологічний центр"
вул. Новгородська, 3а, м. Харків, 61145
Тел./факс (057) 750-89-90