

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,  
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«Харківський політехнічний інститут»

Ministry of Education & Science, Youth & Sports of Ukraine  
National Technical University  
«Kharkiv Polytechnic Institute»

**СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ  
В МАШИНОБУДУВАННІ**

**MODERN TECHNOLOGIES  
OF ENGINEERING**

**Збірник наукових праць  
Printed scientific works**

Видається з 2008 року

**Випуск 7**

ХАРКІВ НТУ «ХПІ» – 2012 – KHARKIV NTU «KhPI»

**ББК 34.63**

**С 56**

**УДК 621.91**

Державне видання  
Свідоцтво про державну реєстрацію КВ № 13438-2322Р від 03.08.2007 р.

Друкується за рішенням Вченої Ради НТУ "ХПІ",  
протокол № 7 від 06.07.2012 р.

*Редакційна  
колегія:* В. О. Федорович (відповідальний редактор),  
В. Л. Доброскок (зам. відповідального редактора),  
О. В. Балака (відповідальний секретар),  
М. В. Верезуб, Ю. М. Внуков, А. І. Грабченко,  
Б. Карпушевський, Я. Кундрак, П. П. Мельничук,  
О. Я. Мовшович, М. В. Новіков, Ю. А. Сізий,  
Ю. В. Тимофієв, Р. С. Турманідзе, В. А. Фадєєв,  
М. Д. Узунян

*Адреса редак-  
ційної колегії:* 61002, м. Харків, вул. Фрунзе, 21,  
Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут»  
кафедра «Інтегровані технології машинобудуван-  
ня» ім. М. Ф. Семка,  
тел.: 8 (057) 706-41-43.

**Сучасні** технології в машинобудуванні [Текст]: зб. наук. праць. –  
**С56** Вип. 7. / редкол.: В. О. Федорович (голова) [та ін.]. – Харків :  
НТУ «ХПІ», 2012. – 342 с. – Укр., рос., англ. мовами.

Збірник містить наукові статті відомих вчених України і закордонних країн з актуальних проблем інтегрованих технологій, процесів різання і технологічного забезпечення якості. Викладено сучасні аспекти лазерної технології, зміцнення зносостійких покриттів, обробки конструкційної кераміки. Описано особливості функціонально-орієнтованих технологій і їхній зв'язок з інтегрованими технологіями. Розглянуто моделювання процесів різання і тенденції їхнього удосконалювання.

Для науковців, викладачів вищих навчальних закладів, промисловців.

**ББК 34.63**

© Національний технічний університет  
«Харківський політехнічний інститут», 2012

## **НАШ СОВРЕМЕННОК МАТЯШ ХОРВАТ, ГОРДОСТЬ ВЕНГРИИ И ДРУГ УКРАИНЫ**

*Успех следует измерять не столько тем положением, которого человек достиг в жизни, сколько теми препятствиями, какие он преодолел, добиваясь успеха.*

*Академик В.И. Вернадский*

Почетный доктор Таллиннского технического (1989), Харьковского политехнического (1993) и Московского технологического (1994) университетов, почетный профессор Харьковского политехнического, Мишкольцкого университетов, Университета Святого Иштвана в венгерском Гёдёллэ (2000) и Будапештского университета технологии и экономики (2005), Матяш Хорват родился в небольшом северо-трансильванском городке Надьяк, что близ венгеро-румынской границы. Его жизненный путь вобрал в себя много из тех особенностей, которые были характерны для второй половины XX века. Деревенское детство, суровости военного времени, резкие социальные и политические изменения. Затем Москва, возможность получить высшее образование и квалификацию инженера-механика в Высшем техническом училище им. Н. Э. Баумана. Бауманка с ее обширнейшими и богатейшими инженерными традициями, всемирно известными научными школами, в пору студенчества М. Хорвата с уже 125-летней историей и ключевой ориентацией на оборонную промышленность; московская бытовая неустроенность студентов; напряженно и болезненно, но без надлома пережитые венгерские события 1956 года в качестве одного из руководителей землячества венгерских студентов в Москве; успешная защита диплома в 1959 году – в этой поре жизни первые и главные истоки становления Матяша Хорвата как человека совести и чести, крупного специалиста в области машиностроения, талантливого блестящего профессора.

После получения степени магистра инженерной механики М. Хорват работает на оборонном (оружейном) промышленном предприятии в Будапеште, где приобретает основательную инженерную практику. Стремление к дальнейшему профессиональному совершенствованию снова приводит его в Москву, теперь уже в аспирантуру СТАНКИНа. Успешно завершив

обучение в аспирантуре защитой в 1966 году кандидатской диссертации, М. Хорват переходит на работу в Институт технологии в Будапеште (инженер-механик, инженер-исследователь, научный сотрудник). Последующие годы с бурным развитием САПР и началом широкой компьютеризации и роботизации машиностроения стали временем мощного роста научного потенциала и просветительского кругозора М. Хорвата. В 1974 году он переходит на преподавательскую работу в Будапештский технический университет, а в 1984 году ему присуждается ученая степень доктора технических наук.

Дарование ученого-педагога и организатора высшей технической школы М. Хорват ярко проявил на посту заведующего кафедрой «Технология машиностроения», которой он руководил четверть века (1975-1999 гг.). Коренная модернизация материальной базы и содержания образования и научных исследований, создание действующих лабораторий гибких производственных систем, многокоординатных систем обработки сложных поверхностей, компьютерного центра, системы автоматизированного программирования станков с ЧПУ и компьютеризированного управления обработкой тел вращения, разработка новейших технологий адаптивного управления процессами лезвийной и абразивной обработки, приближающих нанометрический диапазон точности, адаптация теории нейронных сетей к расширенному применению в машиностроительной практике – всему этому отдано много сил, умения, знаний.

Спектр личных научных интересов и исследовательской практики М. Хорвата чрезвычайно широк – моделирование и оптимизация процессов резания, ультрапрецизионное точение и шлифование, адаптивное управление механообработкой, конструирование станочных приспособлений, многоцелевые роботы, проектирование и производство огнестрельного оружия, электрохимическая обработка, генеративное прототипирование, проектирование роботизированных измерений, компьютеризированные экспертные системы для технологической подготовки производства, стратегическое технологическое проектирование и многое другое. Все это вывело М. Хорвата на орбиту ведущего ученого технолога в Европе, принесло ему международное признание.

Уникальность профессионального кругозора прослеживается и в читаемых им лекционных курсах, среди которых основными в своем профессорском багаже сам М. Хорват считает «Проектирование и производство огнестрельного оружия», «Материалы и технология производства», «Про-

ектирование компьютеризированных процессов» и «Ультрапрецизионная обработка наноструктурных металлов».

В 1985 году имя профессора М. Хорвата навсегда вписывается в хронологический ряд лучших преподавателей (Best Teacher) одного из старейших в Европе, основанного в XVIII веке Будапештского университета технологии и экономики, которому он посвятил большую часть своей трудовой деятельности.

Соавтор 6-ти монографий, учебников и учебных пособий на венгерском, английском и русском языках, каждым из которых он владеет практически одинаково свободно, включая беглое общение на английском и русском, в 2000-2003 гг. М. Хорват был причислен Венгерской академией наук к почетной Сечени-профессуре (Szechenyi Professorship). В его багаже – сотни публикаций в научных журналах и трудах конференций в Венгрии, Германии, Голландии, Дании, Польше, Украине, Мексике и других странах в разных уголках мира.

По поручениям венгерского правительства в разные годы М. Хорват участвует в работе Государственного совета по техническому развитию, Комитета по научной квалификации и Комитета по материаловедению и технологиям (председатель подкомитета по системам производства) Венгерской академии наук.

М. Хорват является Почетным президентом отделения автоматизации Венгерского общества инженеров-механиков, руководит работой или входит в состав редакционных коллегий ряда венгерских и международных периодических научных изданий, среди которых и выпускаемые в Национальном техническом университете «Харьковский политехнический институт» международные научно-технические сборники «Резание и инструмент в технологических системах», «Высокие технологии в машиностроении» и «Современные технологии в машиностроении».

Правительство Венгрии наградило М. Хорвата орденом Труда (1971). Он удостоен звания лауреата Государственной премии Венгрии (1985); премии имени Денеша Габо́ра (Dennis Gabor Prize, 1995), присуждаемой NOVOFER-фондом поддержки технического и интеллектуального творчества под совместной эгидой Венгерской академии наук, Министерства образования и Министерства информации и коммуникаций Венгрии; премии имени Абрахама Гезы Паттантусуса (A. G. Pattantus Prize, 1996) за выдающиеся достижения в подготовке инженеров; премии Министерства образования Венгрии за инновационные разработки (Innovation Prize,

2001); награжден медалями Мишкольцкого университета (1999) и Будапештского университета технологии и экономики (Palatine Joseph Medal, 2000).

Убежденный сторонник интеграции ученых разных стран, М. Хорват с большим сожалением и тревогой воспринял наметившийся было в период распада СЭВ процесс разрыва межвосточноевропейских научных связей. Он был одним из первых, кто пошел через преодоление разрушения сложившегося партнерства к расширению его открытости, организовав в 1990 году в Будапеште большую международную конференцию технологов-машиностроителей «ИНТЕРТЕХНО-90», эмблемой которой был избран мост, мост между Востоком и Западом. Нельзя без благодарности вспоминать его усилия по привлечению ученых Украины, России, Венгрии, Польши, Германии, Греции, Франции и других стран к участию в международных программах и проектах, в подготовке совместных научных и учебных изданий. Он принимает в аспирантуру выпускников украинских (харьковских) и российских (московских) вузов, организует совместную с Россией и Украиной подготовку специалистов в области робототехники, регулярно (на протяжении десятков лет) принимает харьковских студентов-политехников на производственную практику и дипломное проектирование, является соорганизатором ежегодно проводимых на базе Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» международных научных конференций ИНТЕРПАРТНЕР и MicroCAD по высоким технологиям в машиностроении и информационным технологиям.

Профессор М. Хорват любит и превосходно знает историю, культуру, искусство, традиции венгерского народа. В живописнейшей Буде он непревзойденно преподнесет каждую архитектурную «изюминку», у каждой скульптурной группы он может часами рассказывать о таких деталях, которые не найдешь в путеводителях; в церкви святого Матяша он расскажет Вам историю и представит достоинства и ценность (бесценность) каждой реликвии. В Эстергоме с тонкостью дотошного искусствоведа прокомментирует любую деталь базилики святого Адальберта, любую роспись древних стен собора. В Сент-Эндре, волшебном местечке на севере Венгрии, на самой границе со Словакией, знаменитом своими ремесленниками и художниками, продемонстрирует глубокие познания этнографа... Но с не меньшим изяществом, огоньком в глазах и афоризмами мудреца он

может говорить о памятниках Москвы и Киева, Чернигова и Парижа, Афин и Мехико.

Высокая интеллигентность и эрудиция сочетаются у М. Хорвата с ясными, определенными жизненными позициями. Он требователен в дружбе, в работе, в сотрудничестве, предельно честен перед окружающими, противник любой фальши, в дискуссиях принципиален и настойчив, особенно если оппонент оперирует не очень достоверными истинами.

О широком международном признании научно-педагогической деятельности профессора М. Хорвата говорит избрание его академиком Академии наук высшей школы Украины, почетным доктором и почетным профессором ряда университетов высшей технической школы Эстонии, Украины, России, Венгрии. М. Хорват – лауреат медали имени М. Ф. Семко – награды Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» украинским и зарубежным деятелям высшей школы за личный вклад в сотрудничество университетов. Он представляет Венгрию в техническом комитете по передовым производственным технологиям Международной федерации автоматического управления (IFAC, MANTECH TC; в 1984-1988 гг. – вице-председатель) и в рабочей группе по высшему образованию Международной академии технологии производства (CIRP, EEWG).

Хочется вспомнить и уникальный греко-венгеро-франко-украинский проект «Минос» по программе ЕС INCO-COPERNICUS 1997-2000 гг., содержанием которого стала остро востребованная временем прецизионная и ультрапрецизионная обработка. Хочется верить, что продолжение всенепременно последует. В том числе в учениках и через них, а с ними и через годы, и через расстояния.

Жизнь и неустанный подвижнический труд Матяша Хорвата являются собой пример честного служения своей стране и своему народу, подлинно цивилизованного интернационализма, высочайшей человеческой и профессиональной культуры и порядочности.

Редколлегия сборника считает за честь еще раз представить научной общественности этого замечательного человека, и пожелать ему здоровья и творческих успехов.

# ФІЗИКА ТА МЕХАНІКА ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ

УДК 004.045:004.932

*Л.В. БОВНЕГРА*, канд. техн. наук,  
*П.А. СТАНОВСКИЙ*, канд. техн. наук,  
*Ю.В. ШИХИРЕВА*, Одесса, Украина

## ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С ПОМОЩЬЮ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ВИДЕОПОТОКА СО СХОДЯЩЕЙ СТРУЖКИ

Для оцінки стану ріжучого інструменту в міру його зношування запропоновано використовувати відеозйомку стружки, що сходить, з наступним параболічним перетворенням отриманого при цьому відеопотоку. Показаний метод навчання системи діагностики стану інструмента. Визначені параметри налаштувань перетворення та запропонований критерій працездатності інструмента.

Для оценки состояния режущего инструмента по мере его износа предложено использовать видеосъемку сходящей стружки с последующим параболическим преобразованием полученного при этом видеопотока. Показан метод обучения системы диагностики состояния инструмента. Определены параметры настроек преобразования и предложен критерий работоспособности инструмента.

For an estimation of the cutting tool condition in process of its deterioration it is offered to use videoshooting of a descending shaving with the subsequent parabolic transformation received thus videostream. The method of the preliminary treatment of the tool condition system training is shown. Parameters of the transformation options are defined and the tool working capacity criterion is offered.

Професіональний токар завжди зможе «на глазок» визначити момент, коли знос режущего інструмента перевищив допустимі норми, і його слід заточити або замінити. Однак сучасні автоматизовані підприємства потребують зовсім в іншому підході: оцінку ступеня зносу інструмента необхідно виконувати автоматично, в процесі роботи станка.

В останнє час з'явилися роботи, в яких оцінку стану режущего інструмента виробляють, досліджуючи зображення зони його зносу [1]. Такий підхід має, по крайній мірі, два суттєві недоліки:

- во-первых, для визуализации изображения необходимо остановить станок, снять инструмент, сфотографировать его и установить на место, что требует затрат времени и представляет собой грубое вмешательство в производственный процесс;

- одиночное изображение малоинформативно, и по нему трудно судить о работоспособности инструмента на момент фотографирования.

Поэтому *целью настоящей работы* было создание условий для оценки степени износа металлорежущего инструмента с помощью анализа не отдельной фотографии, а кадров видеопотока из зоны резания, то есть по видеоизображению сливной стружки (рис. 1).

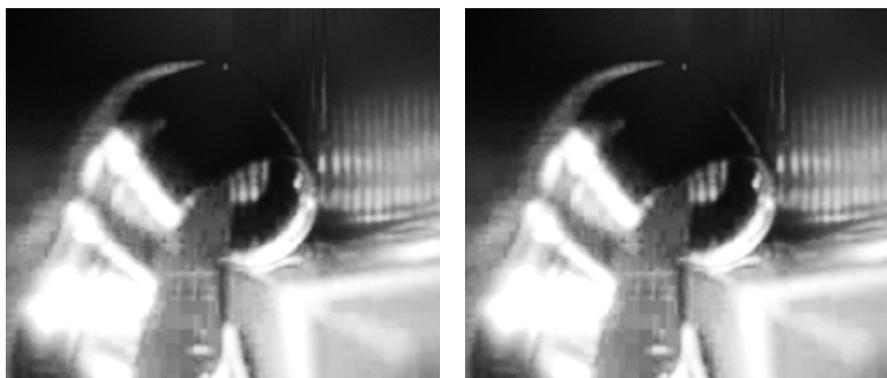


Рисунок 1 – Видео сливной стружки из зоны резания: два смежных кадра видеопотока

Для практической реализации этой цели выбор двух кадров видеопотока начинается с задания пользователем начальной длины  $L_{\text{Енач}}$  (измеренной в количестве кадров;  $L_{\text{Енач}} \geq 2$ ) элементарного интервала видеопотока (ЭИВ), в рамках которого осуществляется оценивание существенности изменений в последнем. В работе принимали начальную длину  $L_{\text{Енач}} = 50$ .

Длина интервала  $L_{\text{Енач}}$  и частота кадров  $f_k$  определяли начальный интервал времени между проверками существенности изменений видеопотока:

$$\tau_{\text{Снач}} = L_{\text{Енач}} / f_k \quad (1)$$

При  $f_k = 25$  1/с и  $L_{\text{Енач}} = 50$  имеем  $\tau_{\text{Снач}} = 2$  с. Дальнейшая адаптация системы к скорости изменения изображения состояла в изменении длины ЭИВ и расстояния между двумя кадрами:

$$L_{\text{Еадапт}} = \text{Int} \left( L_{\text{Енач}} \frac{v_2}{v_1} \right), \quad (2)$$

где  $v_{\text{пр}}$  – скорость изменения изображения между кадрами в предыдущем ЭИВ,  $v$  – вычисляется по формуле:

$$v = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M \Delta z_{ij}}{NM \Delta \tau} \left[ \frac{\text{единица яркости}}{\text{с} \cdot \text{пикс}^2} \right], \quad (3)$$

$\Delta \tau$  – промежуток времени между кадрами видеопотока;  $\Delta z_{ij}$  – изменение яркостей соответствующих пикселей с координатами  $i$  и  $j$  за время  $\Delta \tau$ .

Оценим максимально возможное значение  $v$ . Оно достигается тогда, когда все пиксели за один кадр ( $\Delta \tau = 1$ ) меняются от 0 до 255 или наоборот. Из (3) вытекает, что  $v_{\max} = 255$ .

Дальше осуществляется выбор двух кадров в пределах ЭИВ и применяли к ним параболическое преобразование [2].

Параболическое преобразование начинается с бинаризации двух избранных кадров. Результатом бинаризации получается изображение, созданное из пикселей двух цветов: чаще всего, белого и черного:

$$z'_{ij} = 255 \left| \begin{array}{l} z_{ij} \geq z_b \\ z_{ij} < z_b \end{array} \right. ; \quad z'_{ij} = 0 \left| \begin{array}{l} z_{ij} \geq z_b \\ z_{ij} < z_b \end{array} \right. \quad (4)$$

где  $z_{ij}$  – яркость соответствующего пикселя начального изображения до бинаризации;  $z'_{ij}$  – яркость пикселя изображения после бинаризации;  $z_b$  – порог бинаризации.

В некоторых случаях, когда после бинаризации кадр содержал вместо черного почти сплошной белый фон, его подвергали инверсии.

Дальше рассмотрим параболическое уравнение следующего вида:

$$\frac{\partial z}{\partial \tau} = D_p \left( \frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} \right), \quad (5)$$

Пусть  $x$ ,  $y$  и  $\tau$  интерпретируются как пространственно-временные координаты некоторого  $p$ -го пикселя отдельного кадра видеопотока яркостью  $z_{x,y,\tau}$ . В выражении (5)  $D_p$  – некоторый коэффициент, который имеет конкретное значение для конкретного пикселя. Разностный кадр является результатом изменения яркостей пикселей  $\Delta z$  за время  $\Delta \tau$ , которое прошло между кадрами 2 и 1, то есть сам разностный кадр в некотором смысле представляет собой численное приближение «производной» яркости каждого пикселя по времени:

$$\frac{\delta z}{\delta \tau} \Leftrightarrow \frac{\Delta z}{\Delta \tau}; \quad \Delta z = z_2 - z_1; \quad \Delta \tau = \tau_2 - \tau_1. \quad (6)$$

Однако яркость  $z$  является функцией не только времени, но еще и (для плоского изображения) двух координат:  $x$  и  $y$ . Поэтому выражение (6) может быть расширено еще и за счет пространственных производных:

$$\frac{\delta z}{\partial x} \Leftrightarrow \frac{\Delta z}{\Delta x}; \quad \frac{\delta z}{\partial y} \Leftrightarrow \frac{\Delta z}{\Delta y}. \quad (7)$$

Соответственно и разностные кадры могут быть трех типов: один во времени и два в пространстве.

Поскольку  $\Delta x$ ,  $\Delta y$ ,  $\Delta \tau$  и  $\Delta z$  дискретны, заменим непрерывные переменные  $x$ ,  $y$  и  $\tau$  их дискретными значениями:

$$\begin{aligned} x &\Leftrightarrow i, & i &= 0, 1, 2, \dots, n \text{ с шагом в 1 пиксель;} \\ y &\Leftrightarrow j, & j &= 0, 1, 2, \dots, m \text{ с шагом в 1 пиксель;} \\ \tau &\Leftrightarrow k, & k &= 0, 1, 2, \dots, K \text{ с шагом в 1 кадр.} \end{aligned} \quad (8)$$

Яркость пикселя также будет принимать дискретные значения:

$$z_{i,j,k} \Leftrightarrow z(i, j, k). \quad (9)$$

Введение дискретных значений перечисленных выше величин приводит к следующим приближенным формулам для «производных»:

$$\frac{dz_{i,j}}{d\tau} \Leftrightarrow \frac{z_{(k+1),i,j} - z_{k,i,j}}{\Delta k}; \quad (10)$$

$$D_{i,j} \left( \frac{\partial^2 z_{i,j}}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z_{i,j}}{\partial y^2} \right) \Leftrightarrow D_{i,j} \left( \frac{z_{(i+1),j,k} - 2z_{i,j,k} + z_{(i-1),j,k}}{\Delta i^2} + \frac{z_{i,(j+1),k} - 2z_{i,j,k} + z_{i,(j-1),k}}{\Delta j^2} \right), \quad (11)$$

и с учетом того, что  $\Delta_i = \Delta_j = \Delta_k = 1$ , получаем следующее уравнение:

$$D_{i,j} = \frac{z_{i,j,(k+1)} - z_{i,j,k}}{z_{(i+1),j,k} + z_{(i-1),j,k} + z_{i,(j+1),k} + z_{i,(j-1),k} - 4z_{i,j,k}}. \quad (12)$$

Коэффициентов  $D_{i,j}$  в изображении столько, сколько в нем пикселей. Пронормировав их от 0 до 255 с помощью выражения

$$z_{i,j}^p = \text{Int} \left( 256 \frac{|D_{i,j} - D_{\min}|}{|D_{\max} - D_{\min}|} \right), \quad (13)$$

получим сеточное поле дискретных яркостей  $z_{i,j}^p$  размерностью  $M \times N$  или, фактически, новое изображение, которое представляет собой итог параболического преобразования начального фрагмента видеопотока.

**Утверждение.** На границах подвижных участков изображения с постоянной на каждом участке, но разной между участками яркостью, пара-

болическое преобразование создает белую ( $z = 255$ ) линию толщиной в 1 пиксель на общем черном ( $z = 0$ ) фоне полученного кадра.

**Доказательство.** Проведем доказательство в четыре этапа. На *первом этапе* рассмотрим «белый» квадрат яркостью  $z = z_{\max} = 255$  на общем «черном» квадратном поле  $160 \times 160$  пикселей яркостью  $z = z_{\min} = 0$ , который увеличивает свой размер на один пиксель в каждую сторону за интервал между кадрами  $\Delta k$ . Рис. 2 а, б иллюстрирует изменение начального изображения во времени, то есть является преобразованием  $\tau \Leftrightarrow k$ , и дает возможность вычислить разницу  $z_{i,j,(k+1)} - z_{i,j,k}$  в выражении (12).

На первом шаге преобразования начального изображения по пространству  $x \Leftrightarrow i$  получаем два новых изображения, в которых белый квадрат сдвинут на 1 пиксель влево и вправо. На этом шаге вычисляем  $z_{(i+1),j,k}$  и  $z_{(i-1),j,k}$  для выражения (12). На втором шаге преобразования начального изображения по пространству  $y \Leftrightarrow j$  получаем два новых изображения, в которых белый квадрат сдвинут на 1 пиксель вниз и вверх. На этом шаге вычисляем  $z_{i,(j-1),k}$  и  $z_{i,(j+1),k}$  для выражения (12).

Рассмотрим некоторый отдельный пиксель яркостью  $z_{i,j,k} = 0$  возле границы перехода от «черного» к «белому» (рис. 3). Установим, как меняется яркость этого пикселя и его «соседей» в пространстве после параболического преобразования.

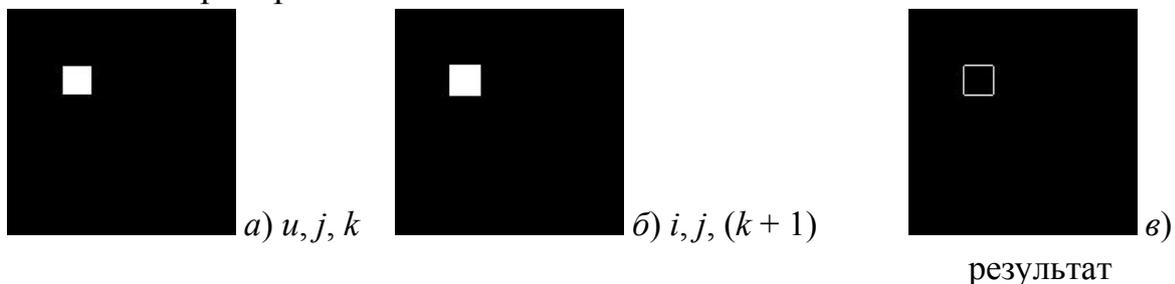


Рисунок 2 – Два последовательных кадра видеопотока с интервалом  $\Delta t$ , отобранные для параболического преобразования (а, б) и его результат (в)

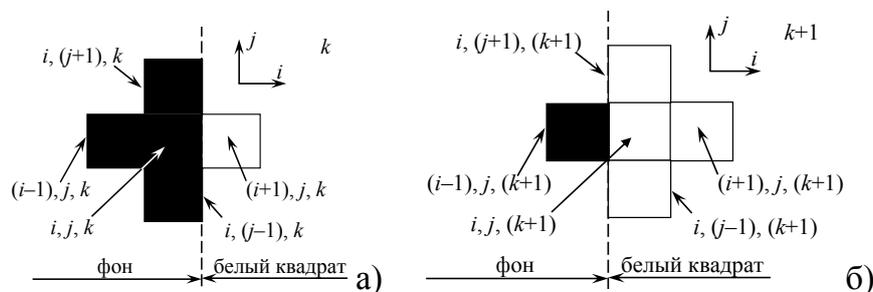


Рисунок 3 – Пиксели возле левой (по рисунку) границы белого квадрата на черном фоне: а – кадр  $k$ ; б – кадр  $k + 1$ .

Для этого по рис. 3 определим яркости соответствующих пикселей до преобразования (табл. 1). Рассчитаем по (12) для этих данных величину  $D_{i,j}$  для пикселя  $z_{i,j,k}$  на рис. 3:

$$D_{i,j} = \frac{255 - 0}{255 + 0 + 0 + 0 - 4 \cdot 0} = 1. \quad (14)$$

Таблица 1 – Начальные яркости  $i, j, k$  пикселя и его соседей до преобразования

№ п/п и позиция относительно $i, j, k$ пикселя	Координаты пикселя	Яркость, $z$
1	$i, j, k$	0
2 (следующий кадр)	$i, j, (k + 1)$	255
3 (сосед слева)	$(i - 1), j, k$	0
4 (сосед справа)	$(i + 1), j, k$	255
5 (сосед снизу)	$i, (j - 1), k$	0
6 (сосед сверху)	$i, (j + 1), k$	0

Таким образом, яркость  $i, j, k$  пикселя после параболического преобразования изменяется с черной на белую.

На *втором этапе* оценим изменения, которые происходят с внешним слоем пикселей белого квадрата, то есть с пикселем  $(i + 1), j, (k + 1)$  на рис. 3. Для этого построим табл. 2, аналогичную табл. 1.

Таблица 2 – Начальные яркости  $(i + 1), j, (k + 1)$  пикселя и его соседей по преобразованию

№ п/п и позиция относительно $i, j, k$ пикселя	Координаты пикселя	Яркость, $z$
1	$(i + 1), j, (k + 1)$	255
2 (следующий кадр)	$(i + 1), j, (k + 2)$	255
3 (сосед слева)	$i, j, (k + 1)$	0
4 (сосед справа)	$(i + 2), j, (k + 1)$	255
5 (сосед снизу)	$(i + 1), (j - 1), (k + 1)$	255
6 (сосед сверху)	$(i + 1), (j + 1), (k + 1)$	255

Рассчитаем по (12) для этих данных величину  $D_{i,j}$  для пикселя  $z_{(i+1),j,(k+1)}$ :

$$D_{i,j} = \frac{255 - 255}{255 + 0 + 255 + 255 - 4 \cdot 255} = 0. \quad (15)$$

Таким образом, яркость  $(i + 1), j, (k+1)$  пикселя после параболического преобразования изменяется с белой на черную.

На *третьем этапе* установим, что когда тот или другой пиксель не меняет от кадра до кадра свое значение, его яркость после параболического преобразования будет равняться 0. Это непосредственно вытекает из числителя выражения (12).

На *четвертом этапе* докажем, что значение  $D_{i,j}^i$  для каждого пикселя после параболического преобразования не зависит от абсолютных значений  $z_{i,j\text{до}}$  и  $z_{i,j\text{после}}$ , а только от их бинарного соотношения:

$$D_{i,j} = 0 \Big|_{z_{\min} = z_{\max}} ; \quad D_{i,j} = 1 \Big|_{z_{\min} \neq z_{\max}}. \quad (16)$$

Таким образом, результатом преобразования начальных изображений (рис. 1 а, б) по (12) является белый контур на черном фоне (рис. 2 в).

Поскольку в числителе (12) стоит временной градиент яркости, все неподвижные пиксели останутся нулевыми («черными»), а попытка применить параболическое преобразование к любым *одинаковым* изображениям (кадров видеопотока) приведет к получению «черного» квадрата. В результате можно считать преобразование (12) ***средством для выделения контуров только в подвижной части видеопотока.***

Использование параболического преобразования для выявления существенных изменений в видеопотоке и адаптации телекоммуникационных сетей видеонаблюдения к событиям на объекте не требует от его результатов получения любой непрерывной границы отдельных участков и есть малочувствительным к появлению ошибочных малоразмерных объектов.

Наличие результата параболического преобразования (РПП, рис. 4) предоставляет возможность выполнить его численную оценку, которую в дальнейшем можно использовать для расчетов показателя существенности.

Обработка РПП, в свою очередь, позволяет получить числовые значения мощности и дисперсии, используемые в оценке работоспособности инструмента [3].

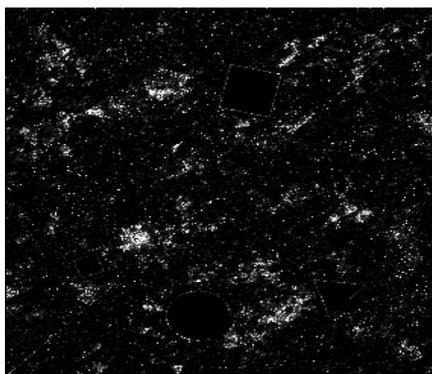


Рисунок 4 – Кадры видеопотока из зоны резания, представленные на рис. 1, после параболического преобразования

*Мощность* РПП оценивали как отношение количества «белых» ( $z = 255$ ) пикселей к их общему количеству:

$$P = \frac{z_{255}}{NM} = \frac{z_{255}}{z_0 + z_{255}} \left[ \frac{1}{\text{пикс}} \right]. \quad (17)$$

*Статистическую дисперсию* размера «белых» пятен на РПП вычисляли по формуле:

$$\sigma^2 = \frac{(S_{n1} - \bar{S}_n)^2 + \dots + (S_{nm} - \bar{S}_n)^2}{n}; \quad \bar{S}_n = \frac{S_{n1} + \dots + S_{nm}}{n}, \quad (18)$$

где  $S_{ni}$  – площадь  $i$ -го пятна;  $0 \leq i \leq n$ . Дисперсия  $\sigma^2$  существует в диапазоне  $0 \leq \sigma^2 \leq NM/4$ , поэтому это значение подвергали нормированию к 1.

Наличие перечисленных характеристик видеопотока позволяет рассчитать число, которое использовали в качестве комплексного критерия при адаптации систем диагностики к состоянию инструмента. Для этого использовали метрику вида:

$$M = \sqrt{(P_2 - P_1)^2 + (\sigma_2^2 - \sigma_1^2)^2}, \quad (19)$$

где индексы 1 и 2 относятся к сравниваемым видеопотокам.

Информационная технология адаптации системы диагностики к состоянию инструмента имеет две фазы деятельности: обучение и работа. При этом подвижное изображение с видеокамеры рассматривается как отдельный зрительный образ объекта наблюдения, который может находиться в двух состояниях: несущественные изменения; существенные изменения.

Во время обеих фаз выполняется параболическое преобразование пакетов от двух кадров каждого ЭИВ, но во время обучения решение о существенности изменений в фрагменте видеопотока принимает эксперт (группа экспертов).

С точки зрения работоспособности инструмента к несущественным изменениям относили:

- последствия допустимого износа инструмента;
- последствия изменения режимов резания.

К существенным изменениям относили:

- последствия недопустимого износа инструмента.

Для определения существенности в каждом конкретном случае используется метрика (19). На основании изучения информации о значении критерия существенности при наблюдении видеопотока от зоны резания устанавливали полосу значений метрики, попадание в которую во время работы системы признавали существенным изменением и инструмент снимали с эксплуатации.

Численная информация о несущественных изменениях хранится в базе данных системы автоматизированной оценки состояния инструмента.

Перечисленные выше компоненты метрического критерия (19) являются минимальным «набором» информации, которую можно получить в результате цифровой обработки РПП (рис. 4). Этот набор может быть значительно расширен, например, за счет автономного анализа отдельных фрагментов РПП, придания этим фрагментам различных весовых характеристик значимости и т.п.

**Список использованных источников:** 1. Методы и средства построения классификатора состояний режущих инструментов / *А.Г. Деревянченко, В.Д. Павленко, А.А. Фомин, Л.В. Бовнегра, С.В. Павленко* // Современные технологии в машиностроении. Сборник научных статей. – Харьков: НТУ «ХПИ». 2007. – С. 46 – 55. 2. *Тонконогий В.М.* Видеообработка изображений в системе автоматического измерения дефектности износостойких покрытий на режущем инструменте / *В.М. Тонконогий, П.А. Становский* // Труды Одесского политехнического университета. – 2005. – Вып. 1(23). – С. 112 – 115. 3. *Тонконогий В.М.* Автоматизация измерения дефектности износостойких покрытий / *В.М. Тонконогий, П.А. Становский* // Материалы XII семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2005. – С. 21 – 22.

**В.А. ВАЙСМАН**, д-р техн. наук, **С.А. ВЕЛИЧКО**, Одесса, Украина

## **ОСОБЕННОСТИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ И ПРИМЕНЕНИЯ ШАРИКОВЫХ ВИНТОВЫХ ПЕРЕДАЧ В МАШИНОСТРОЕНИИ**

Застосування кулькових гвинтових передач, що перетворюють обертальний рух гвинта (гайки) в поступальне переміщення робочого органу, відкриває перспективи створення економічних механізмів завдяки довговічності, високій осьовій жорсткості, плавності руху, надійності при високих швидкостях, високій здатності до навантажень.

Применение шариковых винтовых передач, преобразующих вращательное движение винта (гайки) в поступательное перемещение рабочего органа открывает перспективы создания экономичных механизмов благодаря высокой способности к нагрузкам, долговечности, высокой осевой жесткости, плавности движения, надёжности при высоких скоростях.

The use of ball screw gears which convert rotational motion of the screw (nuts) in the forward movement of the working body opens up the prospect of creating efficient mechanisms due to its high ability to load, durability, high axial stiffness, smoothness of motion, reliability at high speeds.

### *Введение.*

Винтовые передачи служат для преобразования вращательного движения винта (гайки) в поступательное перемещение рабочего органа механизма [1]. В некоторых случаях передачи используют для преобразования поступательного движения во вращательное, что обусловлено отсутствием самоторможения. Многообразие конструкций шариковых винтовых передач, методов изготовления и требуемых характеристик, в том числе для уникальных устройств, определяют широкий спектр их применения [2].

*Цель публикации* состоит в анализе характеристик шариковых винтовых передач, которые определяют высокую эффективность разработки моделей элементов передач в связи с открытой номенклатурой передач, изготавливаемых по специфическим уникальным требованиям конечного потребителя.



Рисунок 1 – Шариковая винтовая передача типа OMB01 и OMB05

*Характеристика винтовых передач.* Существуют винтовые передачи с телами качения шариками и роликами. В шариковых винтовых передачах (ШВП) нагрузка передается от гайки на винт через шарики, расположенные в канавках резьбы (рис. 1) [3]. В ШВП с однозаходной резьбой размер шарика ограничен примерно 70% шага резьбы. В связи с этим, общая площадь контакта относительно мала из-за малого числа полных витков шариков в гайке.

В ШВП трение скольжения заменено трением качения. Относительно большое трение не позволяет использовать винтовую передачу скольжения при больших оборотах или нагрузке. Трение скольжение также не обеспечивает необходимую плавность хода передачи, особенно в моменты начала движения.

ШВП с успехом применяются в станкостроении, в сталелитейной промышленности, в автомобилестроении, в устройствах манипуляционной и транспортной техники, в ядерных установках, в авиастроении, в военной и медицинской технике, во всех отраслях общего машиностроения. Столь широкое применение ШВП нашли за счет возможности обеспечить: работу при больших нагрузках; высокую плавность хода; долговечность; высокий КПД; малые усилия по перемещению; возможность работы при больших скоростях; точность позиционирования; большую жесткость; отсутствие люфта; возможность регулирования преднатяга. Указанные свойства обеспечиваются за счет: замены трения скольжения на трение качения; поверхностной твердости рабочих поверхностей HRC 59-61; оптимального соотношения диаметра шарика, радиуса профиля и угла контакта; правильного выбора типоразмера ШВП.

Однако наряду с преимуществами ШВП имеют и недостатки: сложность конструкции гайки; ограничение по длине винта (из-за накапливае-

мой погрешности); ограничение по скорости вращения винта (из-за вибрации); высокую стоимость (исполнения с шлифованным винтом) [3].

Указанные характеристики определяют высокую эффективность разработки моделей элементов ШВП для САПР в связи с открытой номенклатурой передач, изготавливаемых по специфическим уникальным требованиям конечного потребителя.

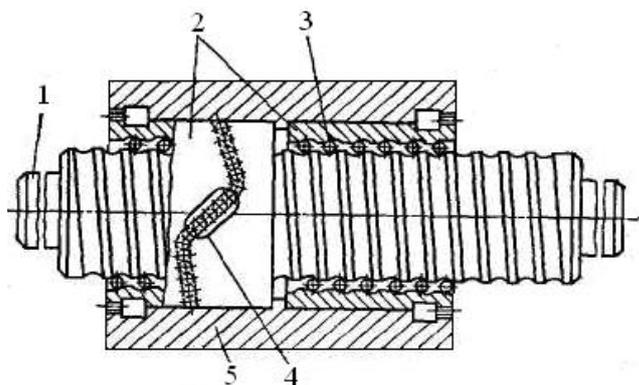


Рисунок 2 – Шариковая винтовая передача

#### *Конструкция ШВП.*

Передача винт – гайка качение содержит винт 1, гайку 2 (чаще две гайки), корпус 5, тела качения 3 (в данном случае шарики) и специальный вкладыш 4 (устройство для их возврата) (рис. 2). При вращении винта 1 (гайки) тела качения 3, находясь под действием приложенной си-

лы, совершают сложное движение, вращаясь вокруг своих осей и оси винта (гайки). При этом рабочий орган станка, соединенный с корпусом (винтом) 5, осуществляет поступательное перемещение. Устройство 4 для возврата тел качения обеспечивает их непрерывную циркуляцию в пределах замкнутого пространства, ограниченного гайкой.

По конструктивному исполнению ШВП различаются профилем резьбы винта (гаек), устройствами для возврата шариков и для регулирования предварительного натяга. Профили прямоугольный и трапецидальный просты в изготовлении, но из-за высоких контактных напряжений на беговых дорожках передачи с этими профилями имеют ограниченную статическую грузоподъемность и поэтому редко применяются в станкостроении. Профиль резьбы в виде стрельчатой арки позволяет уменьшить осевой зазор передачи и упростить геометрию канала возврата шариков. Контакт шариков с винтом и гайкой здесь осуществляется в четырех точках. Такие передачи содержат одну гайку, а их предварительный натяг осуществляется путем подбора диаметра шариков. Недостатком таких передач является то, что для компенсации изнашивания необходимо применять шарики большего диаметра. Это требует большого числа комплектов шариков, отличающихся по диаметру на 1 мкм.

Достаточно распространенным профилем резьбы винта и гайки является полукруглый профиль с углом контакта  $45^\circ$ . Такой профиль позволя-

ет изготавливать винты и гайки с меньшей глубиной резьбы, что повышает технологичность конструкции.

Важным элементом передачи является устройство для возврата шариков, в большой степени влияющее на плавность и надежность передачи. Известно большое число конструктивных исполнений устройств для возврата шариков. В зависимости от вида каналы возврата можно классифицировать следующим образом.

- Канал возврата фрезеруют непосредственно в гайке. Направление шариков в канал осуществляется специальными отсекающими, которые крепятся к гайке. Недостатком такой конструкции является сложность изготовления отсекающего и его недостаточная надежность и долговечность.



Рисунок 3 – Возврат шариков от последнего витка к первому

- Каналом возврата служит продольное отверстие в гайке и соединяющее конец последнего витка с началом первого. Недостатком этой конструкции является то, что на небольшом участке шарики должны описывать крутой поворот, что приводит к возрастанию трения и ухудшению плавности перемещения передачи (рис. 3).



Рисунок 4 – Возврат шариков по трубке

- Канал возврата представляет собой изогнутую трубку (рис. 4), концы которой вставлены в специальные отверстия в гайке по касательной к поверхности резьбы. Направление шариков в трубку осуществляется специальными отражателями. В этой конструкции увеличены радиальные размеры гаек. Надежность и долговечность отражателей низка.

- Канал возврата, соединяющий два смежных витка резьбы гайки, выполнен в специальном вкладыше 4, который устанавливают в окно гайки (рис. 2 и рис. 5). Эту конструкцию применяют наиболее часто. Вкладышем шарики направляются из впадины одного витка винта через выступ во впадину соседнего витка. В зависимости от числа рабочих витков гайки (чаще всего их три) шарики разделены вкладышами на

такое же число независимо групп. Преимуществами конструкции передачи с вкладышами по сравнению с другими известными конструкциями являются малые радиальные размеры гайки, отсутствие ненадежных и быстроизнашивающихся деталей, минимальная длина канала возврата шариков. Существует ряд конструктивных исполнений вкладышей и методик расчета координат канала возврата в них. В одних конструкциях стальные вкладыши, точно пригнанные по резьбе гайки, запаяны, в других — запрессованы. Запрессованные вкладыши, в отличие от запаянных, деформируют резьбу, изменяют внутришаговую и накопленную погрешность шага, приводят к деформации упорного торца гайки. Недостатком запаянных вкладышей является высокая трудоемкость и не технологичность сборки.

В последнее время получили распространение «плавающие» вкладыши, перемещающиеся в окне гайки. Чтобы вкладыши не выпадали в процессе эксплуатации, их удерживают корпусом, в который устанавливают гайки.

Предварительный натяг в передачах осуществляют для устранения зазора за счет деформации контактирующих тел. Благодаря этому натягу жесткость передачи возрастает и становится практически постоянной величиной, не зависящей от приложенной в дальнейшем осевой нагрузки.

Общепринятой технологией производства прецизионной резьбы ходовых винтов ШВП является метод абразивной обработки (шлифование). Данный метод позволяет изготавливать прецизионные ходовые винты:

- по классам точности P1, P3, P5 ISO 3408;
- с постоянством диаметра резьбы до 0,008 мм.

Однако в связи с высокой трудоемкостью и энергоемкостью технологии, а также зависимости длины обрабатываемой резьбы от технологической возможности оборудования для шлифования резьбы, производство прецизионных винтов ШВП является дорогостоящим процессом с высокой себестоимостью продукции. Альтернативой общепринятому методу производства прецизионных винтов ШВП может стать технология накатки резьбы методом холодной пластической деформации стали.

Существует три основных метода накатки:

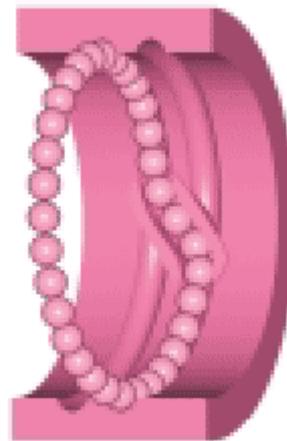


Рисунок 5 – Возврат шарика во впадину соседнего витка

- тангенциальный – плоскими плашками, резьбовым сегментом и роликом;
- радиальный – двумя затылованными роликами, тремя роликами с кольцевым профилем резьбы;
- осевой – в зависимости от направления подачи инструмента и заготовки – двумя роликами с винтовым профилем резьбы, двумя роликами с кольцевым профилем резьбы, тремя роликами с винтовым профилем резьбы.

Основными особенностями происходящей при накатке пластической деформации являются: возможность значительных деформаций без разрушений металла; существенное упрочнение поверхностных слоев и связанное с этим повышение нагрузочной способности накатанных деталей.

Изменение физико-механических свойств поверхностного слоя металла в процессе накатывания профиля оказывает большое влияние на усталостную прочность деталей. Образующийся наклеп поверхностного слоя и текстура металла в значительной степени повышают циклическую прочность деталей. Этому способствуют также остаточные напряжения сжатия в поверхностном слое металла, что также подтверждает целесообразность широкого применения способа накатывания вместо обработки резанием.

#### *Выводы.*

Шариковые винтовые передачи являются сложным устройством для преобразования вращательного движения винта (гайки) в поступательное перемещение рабочего органа. Качество ШВП определяется на стадии проектирования с учетом методов изготовления, требуемых характеристик и выбранной конструкции. Поэтому разработка теоретических основ и методологии создания САПР в части формализации моделей объектов проектирования, целей и критериев и проблемная адаптация проектов могут быть с высоким качеством реализованы с применением специализированной САПР ШВП.

**Список использованных источников:** 1. Москалюк, Р.Ю. Особенности контроля качества при накатывании винтов для шариковых винтовых передач / Р.Ю. Москалюк, В.А. Вайсман // Тр. Одес. политехн. ун-та: Спецвып. – Одесса : ОНПУ, 2006. – С. 116 – 120. 2. Вайсман, В.А. Управление продуктом с браком при доводке винтов шарико-винтовых передач / В.А. Вайсман // Тр. Одес. политехн. ун-та. – № 2(28). – Одесса: ОНПУ, 2007. – С. 289 – 292. 3. Вайсман, В.А. Управление временем доводок для обеспечения точности шариковых винтовых передач / В.А. Вайсман, Р.Ю. Москалюк, В.В. Натальчишин // Резание и инструмент в технологических системах. – Вып. 70. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2006. – С. 70 – 75.

**Ю.Н. ВНУКОВ**, д-р техн. наук, **В. А. ЛОГОМИНОВ**,  
**П. А. КАМОРКИН**, канд. техн. наук,  
**Э. В. КОНДРАТЮК**, канд. техн. наук,  
**В. А. КРИШТАЛЬ**, Запорожье, Украина

## **ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ МАЛОЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ЗАЩЕМЛЕННЫХ ПЛАСТИН»**

### **ЧАСТЬ 1. Анализ особенностей процесса резания при концевом цилиндрическом фрезеровании и методика исследования условий формирования вынуждающей силы, отжимающей мало жесткую деталь.**

Описана методика изучения трех видов сил, действующих при обработке на мало жесткую деталь: вынуждающей силы, восстанавливающей силы и силы трения. Исследование сил производится по осциллограмме колебаний упругой системы мало жесткой детали. Рассмотрены особенности формирования силы отжима мало жесткой детали при концевом цилиндрическом фрезеровании.

Ключевые слова: мало жесткая деталь, концевое фрезерование, сила отжима

Описана методика вивчення трьох видів сил, що діють при обробці на маложорстку деталь: сили, що змушує коливання, відновної сили і сили тертя. Дослідження сил проводиться за осцилограмою коливань пружної системи маложорсткої деталі. Розглянуто особливості формування сили відтискання маложорсткої деталі при кінцевому циліндричному фрезеруванні.

Ключеві слова: маложорстка деталь, кінцеве фрезерування, сила відтискання.

The article describe a research technique of three types of forces acting on workpiece: driving force, restoring force and frictional force. Analysis of the forces produced by the oscillogram of mechanical oscillation of an elastic system flexible workpiece. The features of formation of thrust force the flexible workpiece by cylindrical end milling.

Keywords: flexible workpiece, end milling, thrust force

**Формулировка проблемы:** Некоторые обрабатываемые детали (моноколеса газотурбинных двигателей (ГТД)) представляют собой конструкции, состоящие из «защемленных пластин сложной формы», имеющих малую жесткость и склонность к появлению вибраций при их окончательной обработке концевым фрезерованием (рис.1). К обработанным поверхностям предъявляются высокие требования по точности и шероховатости.

Обработку таких деталей производят на многокоординатных станках с CNC управлением на высоких скоростях резания. Моноколесо авиационного ГТД является чрезвычайно дорогой деталью, поэтому для установления основных закономерностей концевое фрезерование нежестких деталей разработан специальный стенд [1], позволяющий всесторонне исследовать этот вид обработки. Принципиальная схема упругой системы (УС) мало жесткой детали для изучения процесса ее фрезерования представлена на рис.2. Особенностью такого подхода является возможность отдельного изучения влияния условий фрезерования (в зоне резания – 4) на поведение УС детали – 3, состоящей из упругого элемента (пластины) – 2, на которой жестко закреплен образец из обрабатываемого материала – 1.



Рисунок 1 – Лопатки осевого колеса компрессора ГТД (пример защемленной пластины сложной формы)

Таким образом, изменяя размеры и вылет упругой пластины, а также закрепляя на ней дополнительную массу, можно моделировать УС детали в широком диапазоне изменения ее свойств, не изменяя условий фрезерования. И наоборот, можно в широком диапазоне изменять условия фрезерования при постоянных свойствах УС детали.

Для данной схемы концевое цилиндрическое фрезерование (рис. 2) реализуются условия свободного прямоугольного резания (если угол наклона режущей кромки  $\lambda = 0^\circ$ ).

На рис. 3 приведена схема сечения среза припуска глубиной  $t$ , шириной –  $B$ , цилиндрической фрезой диаметром –  $D_{фр}$ , вращающейся со скоростью –  $n_{фр}$ , при минутной подаче детали –  $S_{мин}$ . Подача на зуб равна

$$S_z = \frac{S_{мин}}{n \cdot z}, \text{ где } z - \text{число зубьев фрезы.}$$

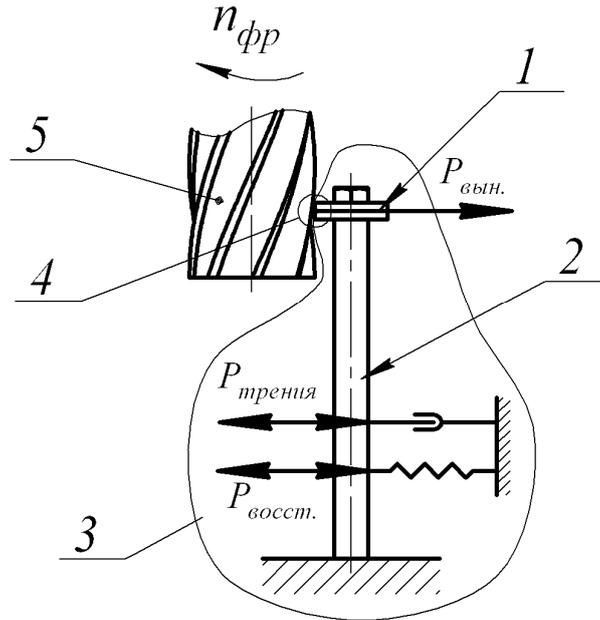


Рисунок 2 – Принципиальная схема упругой системы (УС) мало жесткой детали для изучения процесса ее фрезерования:

- 1 – Обрабатываемый фрезерованием материал (образец); 2 – Упругий элемент (пластина); 3 – Упругая система обрабатываемой детали; 4 – Зона резания; 5 – Концевая цилиндрическая фреза.

Если допустить, что: траекторией зуба фрезы является окружность, деталь и инструмент абсолютно жесткие и лезвие фрезы абсолютно острое (т.е. радиус округления режущей кромки  $\rho = 0$  мкм), то время контакта одного зуба с припуском равно

$$\tau = \frac{L_{\cup ADC}}{v} = \frac{60 \cdot \psi}{n_{фр} \cdot 360^\circ}, \quad (1)$$

где  $L_{\cup ADC}$  – длина дуги проходимая одним зубом фрезы при снятии припуска;  $v$  – скорость резания.

Полный угол контакта одного зуба фрезы с припуском  $\psi$ , равен

$$\psi = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3 = \arcsin \frac{s_z}{D_{фр}} + \arccos \left( 1 - \frac{2t}{D_{фр}} \right) \quad (2)$$

Толщина срезаемого слоя при цилиндрическом фрезеровании является величиной переменной, зависящей от угла поворота фрезы  $\theta_i$  от точки  $A$  до  $C$ . С увеличением угла  $\theta$  от  $0$  до  $\theta = \psi_1 + \psi_2$  толщина среза увеличивается от  $0$  до  $a_{\max}$ , а при дальнейшем увеличении от  $\theta = \psi_1 + \psi_2$  до

$\theta = \psi_1 + \psi_2 + \psi_3$  уменьшается до 0. При попутном фрезеровании толщина среза изменяется в обратном порядке.

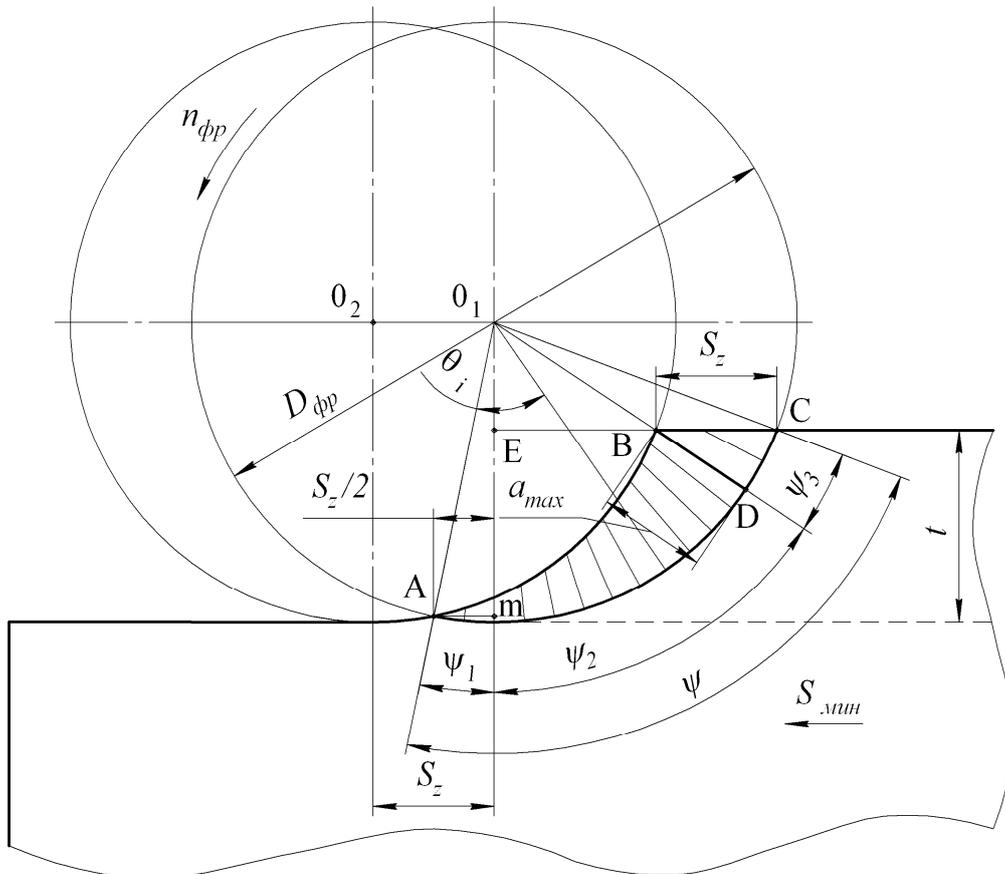


Рисунок 3 – Схема сечения среза одним зубом фрезы при цилиндрическом фрезеровании (встречном)

Для каждого угла поворота фрезы  $\theta_i$  можно определить значение толщины среза  $a_i$  [2]. Для сечения среза  $S_{ABD}$  (т.е.  $0 < \theta_i < \psi_1 + \psi_2$ )

$$a_{zi} = \frac{D_{\text{фп}}}{2} + S_z \cdot \sin(\theta_i - \psi_i) - \sqrt{\frac{D_{\text{фп}}^2}{4} - S_z^2 \cdot \cos^2(\theta_i - \psi_1)} \quad (3)$$

Для сечения среза  $S_{DBC}$  (т.е.  $\psi_1 + \psi_2 \leq \theta_i \leq \psi_1 + \psi_2 + \psi_3$ )

$$a_{zi} = \frac{D_{\text{фп}}}{2} - \frac{\frac{D_{\text{фп}}}{2} - t}{\cos(\theta - \psi_1)} \quad (4)$$

Значение толщины среза  $a_{zi}$  для каждого мгновенного угла поворота зуба фрезы позволяет аналитически рассчитывать силу резания  $R$  и ее составляющие в каждый момент времени.

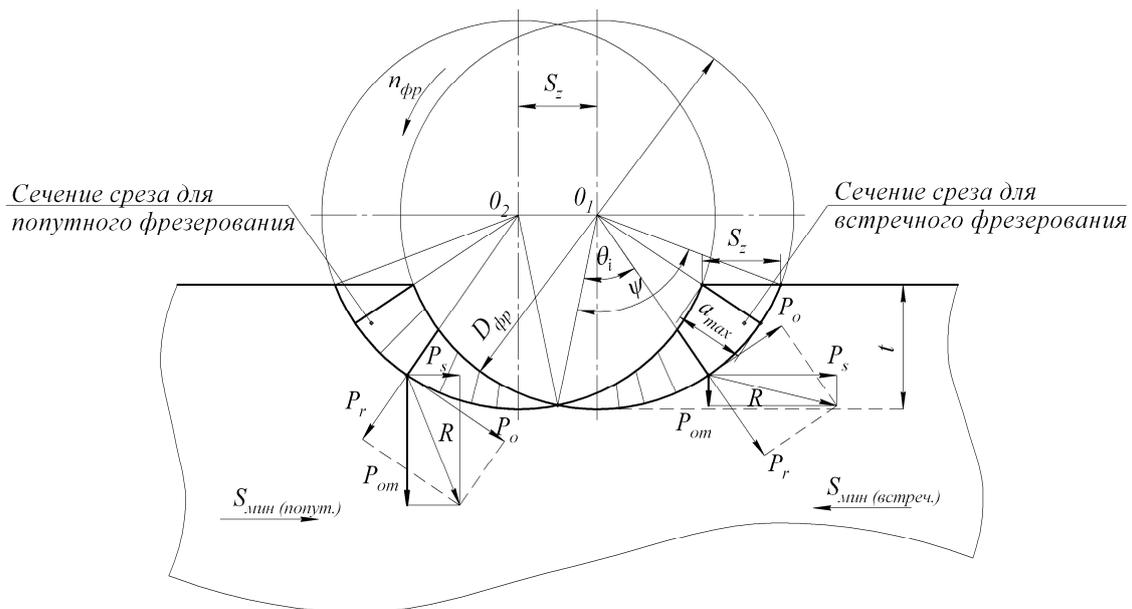


Рисунок 4 – Схема составляющих силы резания –  $R$  при встречном и попутном цилиндрическом фрезеровании:

$R$  – сила резания;  $P_o$  – окружная сила;  $P_r$  – радиальная сила;  $P_s$  – сила подачи;  $P_{от}$  – сила отжима (отталкивания) нежесткой детали (вынуждающая сила).

При фрезеровании на УС детали воздействуют три силы (рис. 2):

1.  $P_{вын}$  – **вынуждающая сила** – это составляющая силы резания  $R$  отжимающая (отталкивающая) мало жесткую деталь от инструмента –  $P_{от}$  (рис. 4). Величина силы отжима детали (в нашем случае упругой пластины) –  $P_{от}$ , зависит от угла поворота фрезы  $\theta_i$  т. е. от времени срезания припуска одним зубом фрезы, условий фрезерования (обрабатываемый материал, геометрия инструмента, режимы резания, применение СОЖ, износ инструмента и др.). При попутном фрезеровании для одинаковых толщин среза сила отжима  $P_{от}$  всегда больше, чем при встречном из-за различного направления силы резания –  $R$ .

2.  $P_{восст}$  – **восстанавливающая сила** – это сила упругости возвращающая деталь в положение равновесия. Величина восстанавливающей силы зависит от силы отжима детали  $P_{от}$  и от жесткости УС детали. В нашем случае жесткость определяется толщиной и вылетом защемленной упругой пластины, на которой закреплен обрабатываемый образец.

3.  $P_{тр}$  – **сила трения**, гасящая колебания за счет диссипации энергии. В нашем случае гашение колебаний или успокоение упругой системы детали определяется внутренним трением упругой пластины, на которой закреплен обрабатываемый образец.

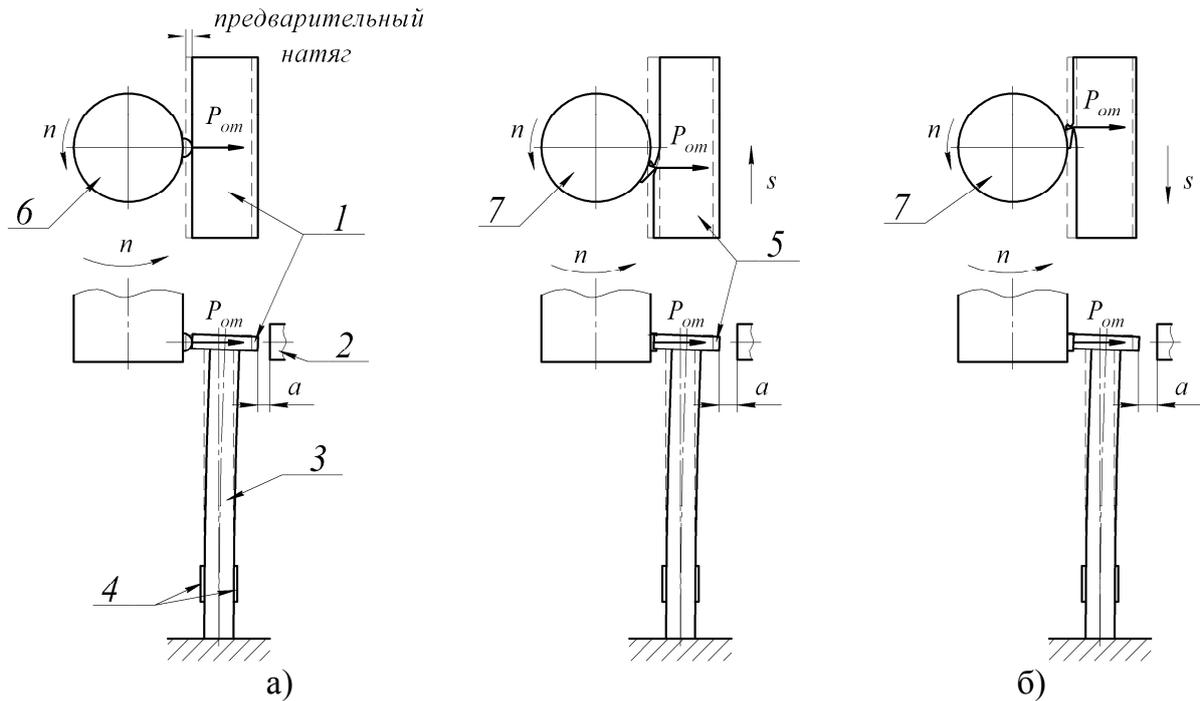


Рисунок 5 – Методика исследования сил, возникающих в УС мало жесткой детали, при различных условиях ее возбуждения

а) Удар кулачком; б) Резание зубом фрезы.

- 1 – Образец из закаленной стали; 2 – Индуктивный датчик; 3 – Упругая пластина; 4 – Тензодатчики; 5 – Образец из обрабатываемого материала; 6 – Кулачок; 7 – Концевая цилиндрическая фреза.

Методика исследования всех трех сил, воздействующих на УС детали, показана на рис. 5. Возбуждение УС детали производили двумя способами: ударом кулачка с шаровой поверхностью (рис. 5а) и резанием зубом фрезы при попутном и встречном фрезеровании (рис. 5б). Силы, воздействующие на УС детали (в нашем случае упругую пластину) вызывают ее деформацию, которую измеряли двумя одновременно работающими датчиками: тензодатчиками 4, наклеенными на упругую пластину, и индуктивным датчиком 2, отстоящем на некотором расстоянии от обратной стороны обрабатываемых образцов 1 и 5. Одновременное использование двух независимых датчиков для оценки деформации УС детали во времени, позволяет проводить исследования с высокой точностью. Подробно методика измерений изложена в работе авторов [1].

На рис. 6 показаны измерительные возможности методики исследования, где в координатах силы (действующие на УС детали) – время, можно изучать динамику поведения упругой системы при концевом фрезеровании мало жесткой детали.

Циклом фрезерования  $\tau_{ц.фр}$  считаем время между началом фрезерования соседних зубьев. Для однозубой фрезы (принятой для исследования)

это время одного оборота. Цикл фрезерования состоит из времени резания  $\tau_{рез}$  – когда зуб снимает припуск с переменной толщиной среза и времени холостого хода  $\tau_{х.х}$  – между точкой выхода из зоны резания предыдущего зуба и точкой входа в зону резания последующего зуба. Во время резания  $\tau_{рез}$  на УС детали действует переменная (вынуждающая) сила отжима –  $P_{от}$ .

Точка *A* (рис. 6) на графике изменения силы  $P_{от}$ , обозначает момент касания (входа) зуба фрезы в обрабатываемую деталь. Точка *M* показывает максимальное значение силы отжима  $P_{от}^{max}$ , а точка *B* показывает момент, в который зуб фрезы выходит из зацепления с обрабатываемой деталью.

Таким образом, точка *M* разделяет время резания на две части. На участке *AM* увеличения силы  $P_{от}$  время входа в снимаемый припуск равно  $\tau_{рез}^{6x}$ , на участке *MB* время выхода соответственно –  $\tau_{рез}^{6bix}$ .

При вхождении зуба фрезы в деталь на участке *AM* с увеличением силы отжима  $P_{от}$  увеличивается и противостоящая ей сила упругости  $P_{восст}$ , возникающая в УС детали. После прохождения зубом фрезы точки *M* на участке *MB* сила отжима снижается из-за уменьшения толщины площади среза и из-за уменьшения величины проекции силы резания  $R$  на направление отжима в результате поворота фрезы. Одновременно с уменьшением силы отжима  $P_{от}$ , начинает работать восстанавливающая (упругая) сила –  $P_{восст}$  УС детали, которая пытается вернуть ее в положение равновесия. Если бы зуб фрезы вышел из зацепления в точке *M*, то в УС детали возникли бы колебания относительно положения ее равновесия. Из-за сил трения (*внутреннего*, в материале пластины, на которой крепится образец, и *внешнего* – в окружающей пластину среде) колебания затухают. Время затухания колебаний пластины является временем успокоения упругой системы детали –  $\tau_{УУС}$ .

$$\text{а) } \tau_{УУС} \leq \tau_{рез}^{6bix}; \text{ б) } \tau_{УУС} < \tau_{рез}^{6bix} + \tau_{х.х}; \text{ в) } \tau_{УУС} > \tau_{рез}^{6bix} + \tau_{х.х}$$

При цилиндрическом фрезеровании маложестких деталей возможны три варианта:

**Вариант 1** (рис. 6а). Фрезерование происходит в условиях, когда время успокоения механической системы детали меньше или равно времени, при котором сила отжима  $P_{от}$  снижается от уровня своего максимального значения  $P_{от}^{max}$  до момента выхода зуба фрезы из зацепления. Другими словами соблюдается соотношение  $\tau_{УУС} \leq \tau_{рез}^{6bix}$ .

В данном случае динамические условия фрезерования маложесткой детали не отличаются от условий фрезерования жестких деталей. Единственное различие может иметь место в уменьшении величины снимаемого припуска из-за упругого отклонения маложесткой детали. Такой случай

имеет место при низких скоростях резания, где время выхода  $\tau_{рез}^{вых}$  значительное по сравнению с временем успокоения  $\tau_{уус}$ . Необходимо отметить, что во время выхода  $\tau_{рез}^{вых}$  зуб фрезы находится в зацеплении со снимаемым припуском, что оказывает дополнительное демпфирующее воздействие на УС детали.

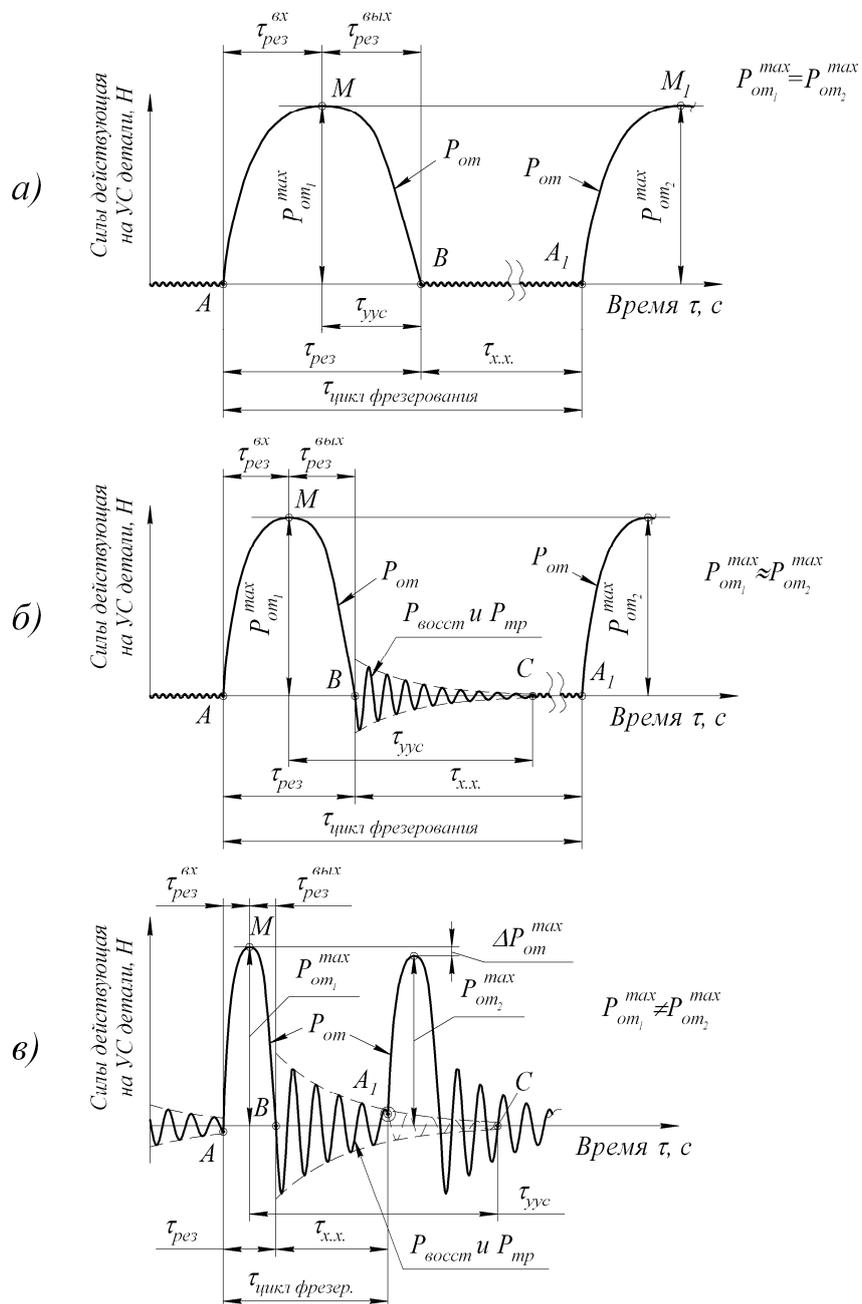


Рисунок 6 – Силы возникающие в упругой системе мало жесткой детали при цилиндрическом фрезеровании

**Вариант 2** (рис. 6б). Фрезерование проходит в условиях, когда при выходе зуба фрезы из зацепления, УС детали не успела восстановиться в состояние равновесия и ей необходимо некоторое время для успокоения.

Однако, при подходе следующего зуба, УС детали уже уравновешена, т.е. наблюдается соотношение  $\tau_{УС} < \tau_{рез}^{блх} + \tau_{х.х}$ .

Такой случай может иметь место при более высоких скоростях резания, когда время контакта зуба фрезы со снимаемым припуском сокращается, а время холостого хода  $\tau_{х.х}$  еще достаточно большое, чтобы дать УС детали успокоиться и восстановить равновесие. В данном случае динамические условия фрезерования маложестких деталей **не существенно отличаются** от фрезерования жестких деталей.

**Вариант 3** (рис. 6в). Фрезерование проходит в условиях, когда УС детали не успевает успокоиться и еще находится в колебательном процессе, а очередной зуб фрезы начинает резание, т.е. наблюдается соотношение  $\tau_{УС} > \tau_{рез}^{блх} + \tau_{х.х}$ .

В этом случае точка  $A_1$  касания следующим зубом фрезы обрабатываемой детали может быть в любом месте в пределах размаха свободных колебаний обрабатываемой поверхности с учетом их затухания. Расположение точек касания зуба фрезы с колеблющейся обрабатываемой поверхностью  $A$ ,  $A_1$  и т.д. имеет строгую закономерность и влияет на величину силы отжима  $P_{от}^{max}$ . На рис. 6в показано, что повышение точки касания  $A_1$  с волной свободных колебаний детали во время холостого хода по сравнению с точкой  $A$  предыдущего касания приводит к снижению силы отжима на величину  $\Delta P_{от}^{max}$ . Таким образом, если зуб фрезы врежется в обрабатываемую поверхность нежесткой детали, совершающую колебательный процесс, то в каждом случае сила отжима отличается на величину  $\Delta P_{от}^{max}$  и появляется причина возникновения дополнительного колебательного процесса.

Подробно эти исследования описаны авторами в статье «Особенности концевое фрезерование маложестких деталей типа «защемленных пластин», часть 2 – «Влияние скорости резания при концевом цилиндрическом фрезерование маложесткой детали на формирование вынуждающей силы (силы отжима детали)»

**Список использованных источников:** 1. Внуков, Ю.Н. Стенд для изучения механических колебаний при фрезерование маложестких деталей при концевом фрезерование / Ю.Н. Внуков, В.А. Логоминов, П.А. Каморкин // Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научн. техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – Вып. 80. – С. 32-37. 2. Логоминов, В.О. Визначення товщини зрізу та часу контакту для прямозубої циліндричної фрези / В.О. Логоминов, А.А. Мінакова, Ю.М. Внуков // Процеси механічної обробки в машинобудуванні: Зб. наук. праць, Житомир: ЖДТУ, 2011. – вип. 11. – С. 174-179.

**Ю. Н. ВНУКОВ**, д-р техн. наук, **В. А. ЛОГОМИНОВ**,  
**П. А. КАМОРКИН**, канд. техн. наук, Запорожье, Украина

## **ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ МАЛОЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ЗАЩЕМЛЕННЫХ ПЛАСТИН»**

### **ЧАСТЬ 2. Влияние скорости резания при концевом цилиндрическом фрезеровании мало жесткой детали на формирование значений вынуждающей силы (силы отжима мало жесткой детали).**

В статье представлены результаты экспериментального исследования силы отжима мало жесткой детали при концевом цилиндрическом фрезеровании. Раскрыт механизм возникновения колебаний значений максимальной силы отжима при высоких скоростях вращения фрезы.

В статті представлені результати експериментального дослідження сили відтискання мало жорсткої деталі при кінцевому циліндричному фрезеруванні. Розкрито механізм виникнення коливань значень максимальної сили відтискання при високих швидкостях обертання фрези.

The article present experimental research results of thrust force of flexible workpiece for cylindrical end milling. The mechanism of occurrence oscillation of thrust force maximums for high speed mill rotation is described.

В части 1 подробно описана методика исследования условий формирования вынуждающей силы (отжимающей мало жесткую деталь) при концевом цилиндрическом фрезеровании.

В части 2 приведены результаты экспериментальных исследований влияния скорости вращения однозубой концевой цилиндрической фрезы на формирование вынуждающей силы (силы отжима мало жесткой детали –  $P_{om}$ ) с учетом восстанавливающей силы –  $P_{восст}$  и силы трения –  $P_{тр}$  в упругой системе (УС) мало жесткой детали.

Условия проведения экспериментов: Фрезерование проводили на универсально-фрезерном станке мод. FWD-32J, на стенде, моделирующем УС мало жесткой детали, подробно описанному в работе авторов [1]. Образец из обрабатываемого материала Ст.3, размерами 50×20×3,4 жестко крепился на упругой пластине, защемленной в стенде, имеющей следующие

размеры: толщина  $h = 8$  мм; ширина  $b = 60$  мм; вылет  $L = 80$  мм. В качестве инструмента использовали концевую цилиндрическую однозубую фрезу  $\varnothing 35$  мм с режущим зубом из быстрорежущей стали Р6М5. Выбор обрабатываемого и инструментального материала позволил проводить исследования в широком диапазоне скоростей резания и различных условиях колебаний УС мало жесткой детали. Жесткость концевой фрезы на порядок превосходила жесткость обрабатываемой детали [1].

При подаче на зуб  $S_z = 0,05$  мм/зуб, глубине фрезерования  $t = 0,5$  мм и ширине фрезерования  $B = 3,4$  мм, испытания проводили на разных скоростях вращения фрезы:  $n_{фр1} = 224$  об/мин ( $v_1 = 25$  м/мин),  $n_{фр2} = 560$  об/мин ( $v_2 = 62$  м/мин),  $n_{фр3} = 1120$  об/мин ( $v_3 = 123$  м/мин),  $n_{фр4} = 1800$  об/мин ( $v_4 = 198$  м/мин). Рассматривали встречное и попутное фрезерование. СОТС не применяли.

При цилиндрическом фрезеровании величина силы отжима  $P_{om}$  при снятии припуска одним зубом фрезы переменная, из-за изменения толщины среза на дуге контакта и поворота направления действия силы резания –  $R$  (см. часть 1). На рис. 1 показана методика обработки виброграмм для двух случаев, когда УС детали успевает успокоиться до подхода очередного зуба (рис. 1а) и случая когда зуб фрезы врезается в обрабатываемую поверхность, которая продолжает совершать колебания возбужденные резом предыдущего зуба.

На рис. 1 приняты следующие обозначения:

- $\tau_{цикл.фр}$  – время цикла фрезерования, между двумя точками врезания соседних зубьев фрезы. Для однозубой фрезы это время одного поворота.
- $\tau_{рез}$  – время срезания припуска одним зубом.
- $\tau_{х.х}$  – время холостого хода, между двумя резами. В это время на деталь не действует сила резания;
- $\tau_{рез}^{вх}$  – часть времени срезания припуска одним зубом в период увеличения силы отжима детали до ее максимального значения –  $P_{om}^{max}$ . В это время деталь отжимается от положения ее равновесия (линия  $ox$ ) силой резания;
- $\tau_{рез}^{вых}$  – часть времени срезания припуска одним зубом в период уменьшения силы отжима от максимального ее значения  $P_{om}^{max}$ . В этот период снижения силы резания, начинают действовать упругие силы деформации детали, стараясь вернуть ее в положение равновесия.

Если величина времени  $\tau_{рез}^{вых}$  больше, чем время ее успокоения  $\tau_{уvc}$ , то деталь выходит из зацепления с зубом оставаясь в положении равновесия,

которая она занимала до начала врезания зубом фрезы. Это условие соблюдается при низких скоростях вращения фрезы  $n_{фр}$ .

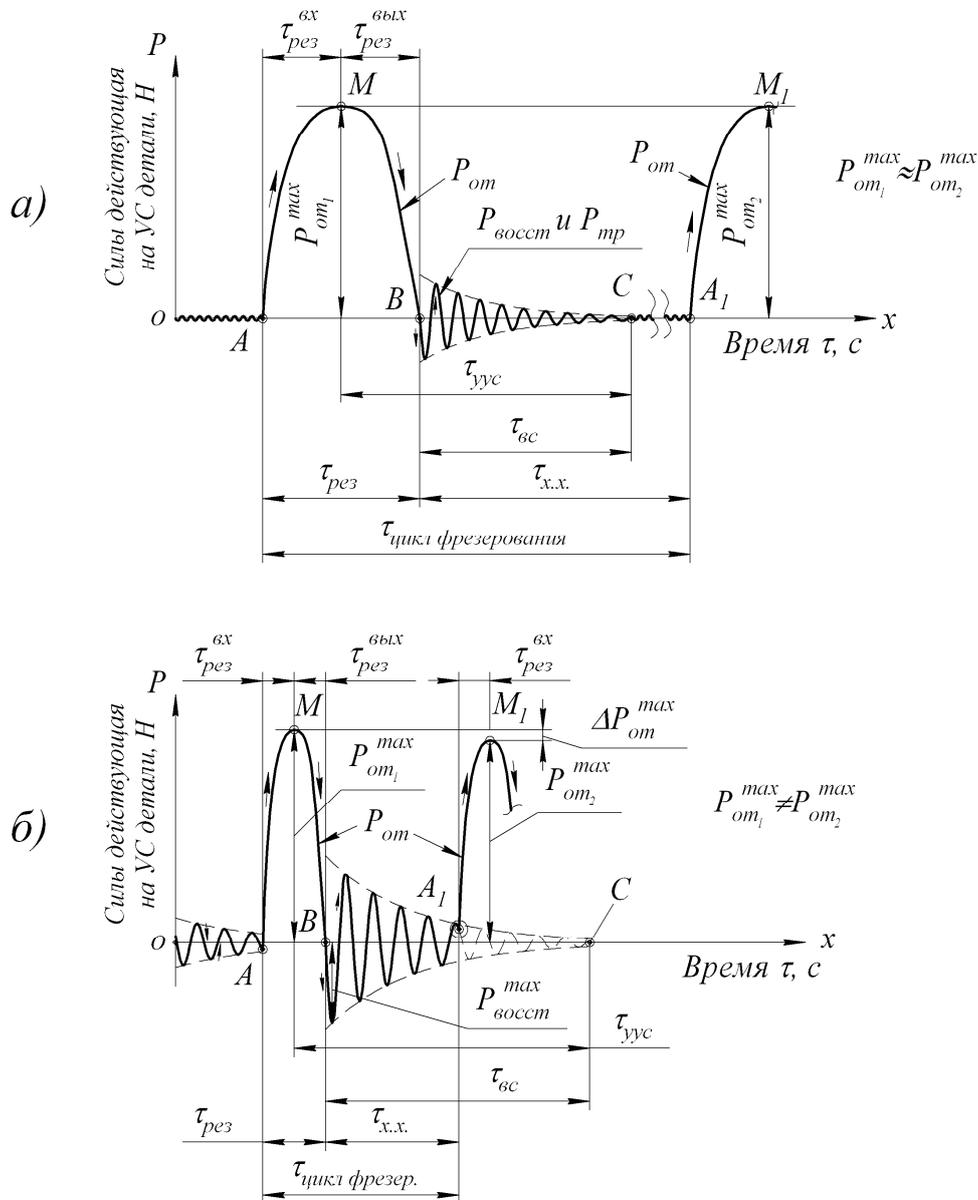


Рисунок 1 – Виброграммы сил, возникающих в УС мало жесткой детали при цилиндрическом концевом фрезеровании: а)  $\tau_{вс} < \tau_{х.х.}$ ; б)  $\tau_{вс} > \tau_{х.х.}$ .

Если величина времени  $\tau_{рез}^{вых}$  меньше, чем время успокоения УС детали –  $\tau_{уус}$ , то деталь продолжает совершать затухающие колебания относительно положения ее равновесия. Затухание вызывается силами внутреннего и внешнего трения –  $P_{тр}$ . Время успокоения УС детали после выхода ее из зацепления с зубом  $\tau_{вс}$  зависит от величины упругой энергии, оставшейся в ней после совместного контакта с зубом фрезы на участке  $\tau_{рез}^{вых}$ . Величину оставшейся упругой энергии можно оценить величиной  $P_{восст}^{max}$  на

первой волне колебания УС детали в сторону, обратную от направления ее отжима при врезании.

Сравнение виброграмм а и б на рис. 1 показывает, что во втором случае оставшаяся энергия больше, чем для первого. Стрелками показано направление колебаний УС детали относительно положения ее равновесия (линии  $ox$ ).

В табл. 1 приведены результаты изучения по виброграммам средних значений максимальных величин силы отжима детали  $\bar{P}_{om}^{max}$  большого количества последовательных врезаний зуба фрезы, при различных скоростях вращения фрезы и направлениях подачи. На рис. 2 эти результаты представлены графически. Приведенные результаты показывают, что при всех скоростях вращения фрезы средние значения максимальных сил отжима детали  $\bar{P}_{om}^{max}$  при попутном фрезеровании больше чем при встречном. С увеличением скорости вращения фрезы увеличивается величина отклонения максимальных значений силы отжима  $P_{om}^{max}$  от их среднего значения  $\bar{P}_{om}^{max}$ . Причем, при скорости вращения  $n_{фр} = 1800$  об/мин величина колебаний максимальных значений сил отжима  $P_{om}^{max}$  становится столь большой, что в этот диапазон укладываются средние значения максимальных сил отжима для всех других (более низких) скоростей вращения фрезы.

Таблица 1 – Условия и результаты исследования влияния скорости фрезерования на силы отжима мало жесткой детали

№ опыта	Вид фрезерования	Условия фрезерования						$\bar{P}_{om}^{max}$ , Н	$\sigma_{P_{om}}$ , Н	$\nu$	$\Delta$ , мкм
		$n_{фр}$ , об/мин	$v$ , м/мин	$S_{мин}$ , мм/мин	$S_z$ , мм/зуб	$t$ , мм	$B$ , мм				
1	Встречное	224	25	11,2	0,05	0,5	3,4	179	4,21	0,023	86,90
2		560	62	28	0,05	0,5	3,4	218	11,94	0,05	91,54
3		1120	123	56	0,05	0,5	3,4	234	45,94	0,20	94,33
4		1800	198	90	0,05	0,5	3,4	176	78,34	0,45	77,55
5	Попутное	224	25	11,2	0,05	0,5	3,4	246	4,93	0,02	117,83
6		560	62	28	0,05	0,5	3,4	267	11,99	0,04	121,83
7		1120	123	56	0,05	0,5	3,4	291	32,83	0,11	136,95
8		1800	198	90	0,05	0,5	3,4	304	58,34	0,19	139,49

Примечание:  $\Delta$  – Среднее максимального отклонения УС детали

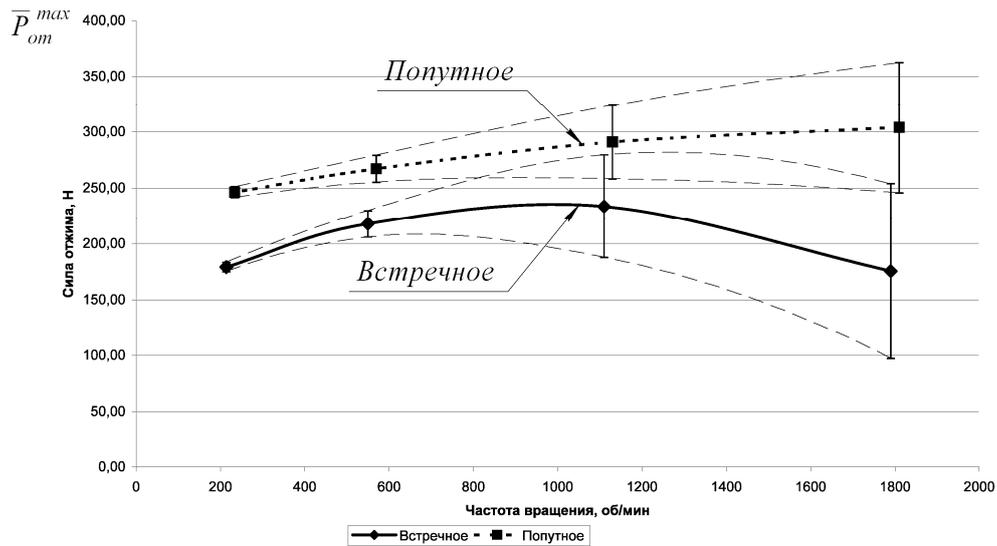


Рисунок 2 – Влияние скорости вращения и направления подачи на средние значения максимальных сил отжима  $\bar{P}_{от}^{max}$

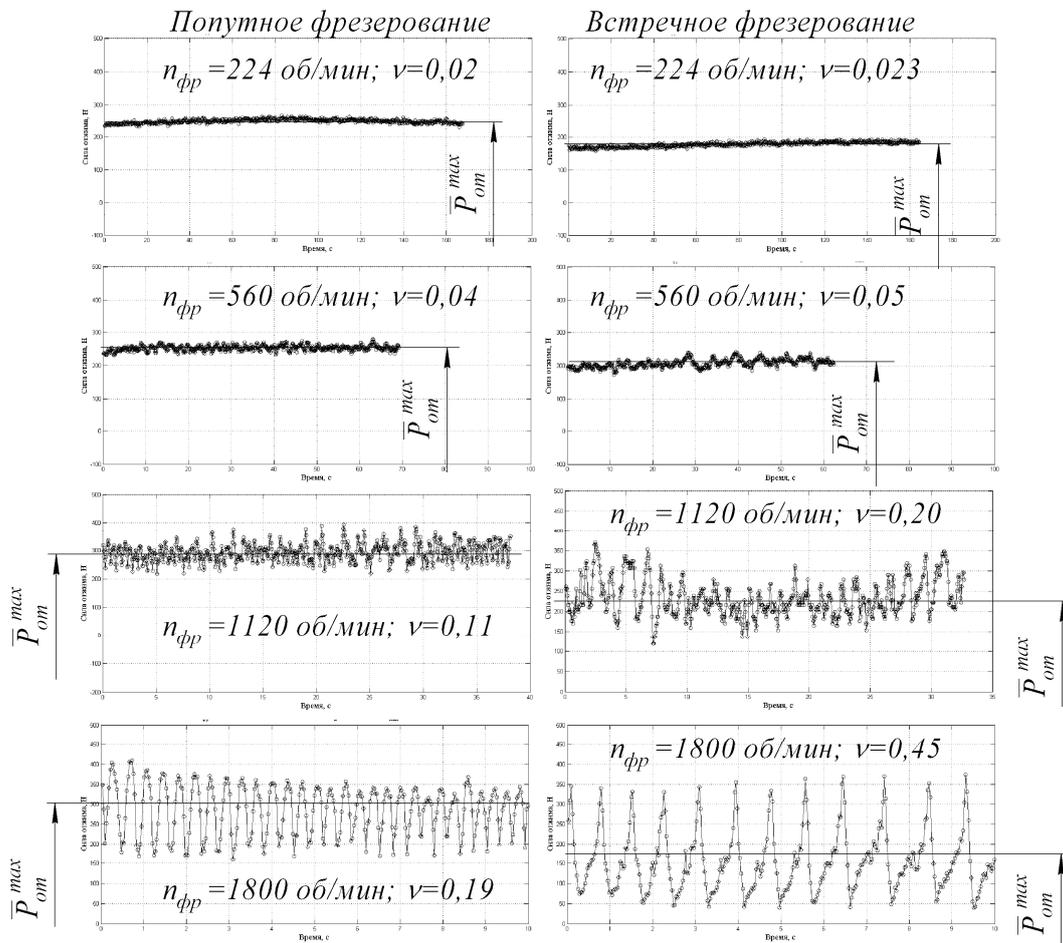


Рисунок 3 – Максимальные значения силы отжима  $P_{от}^{max}$  мало жесткой детали при изменении скорости вращения фрезы  $n_{фр}$  и направления подачи

Поэтому, говорить о существенном влиянии скорости вращения фрезы на средние значения сил отталкивания не имеет смысла. Значительнее важнее разобраться в причинах увеличения диапазона колебаний значений максимальных сил отжима детали с повышением скорости.

На рис. 3 приведены значения максимальных сил отжима для всех исследованных условий фрезерования. Каждая очередная точка показывает значение  $P_{от}^{max}$  при срезании припуска следующим зубом фрезы. Коэффициент вариации  $\nu$ , показывающий отношение среднеквадратичного отклонения колебаний  $P_{от}^{max}$  к его среднему значению  $\bar{P}_{от}^{max}$ , позволяет судить об уровне колебательного процесса. Очевидно, что с увеличением скорости вращения фрезы  $n_{фр}$  уровень колебаний УС детали увеличивается, причем при встречном фрезеровании это увеличение значительнее.

Рассмотрим подробнее графики изменения  $P_{от}^{max}$  для встречного и попутного фрезерования при  $n_{фр} = 1800$  об/мин. На рис. 4 приведены совместные по времени графики расположения точки врезания зуба фрезы в обрабатываемую поверхность –  $A$ ,  $A_1$  и т.д. (см. рис. 1б), которая совершает колебания относительно положения равновесия (линия  $ox$ ) и значений максимальной силы отжима детали  $P_{от}^{max}$  в момент резания очередным зубом фрезы. Точка касания  $A$  и точка максимальной силы отжима детали  $M$  (или  $A_1$  и  $M_1$ ) смещены относительно друг от друга на время  $\tau_{рез}^{ex}$ . Совмещение по времени графиков точки касания и максимальных сил отжима показывает их полную синхронность как для попутного, так и для встречного фрезерования. В связи с этим можно сделать вывод, что причиной появления колебания максимальной силы отжима детали, является изменение расположения точки касания зуба фрезы с обрабатываемой поверхностью, которая совершает колебания относительно положения ее равновесия. Причем, при контакте в точке максимального отклонения обрабатываемой поверхности к фрезе возникает наибольшее значение максимальной силы отжима и, наоборот, при максимальном отклонении обрабатываемой поверхности от фрезы, сила отжима имеет наименьшее значение.

Период колебаний силы отжима и количество точек врезания зуба фрезы за один период для встречного и попутного фрезерования различны. В табл. 2 приведены средние значения большого количества измерений числа точек врезания на нисходящей ветви колебания обрабатываемой поверхности (т.е. приближение к фрезе) и восходящей ветви (т.е. отдаления от фрезы) для встречного и попутного фрезерования.

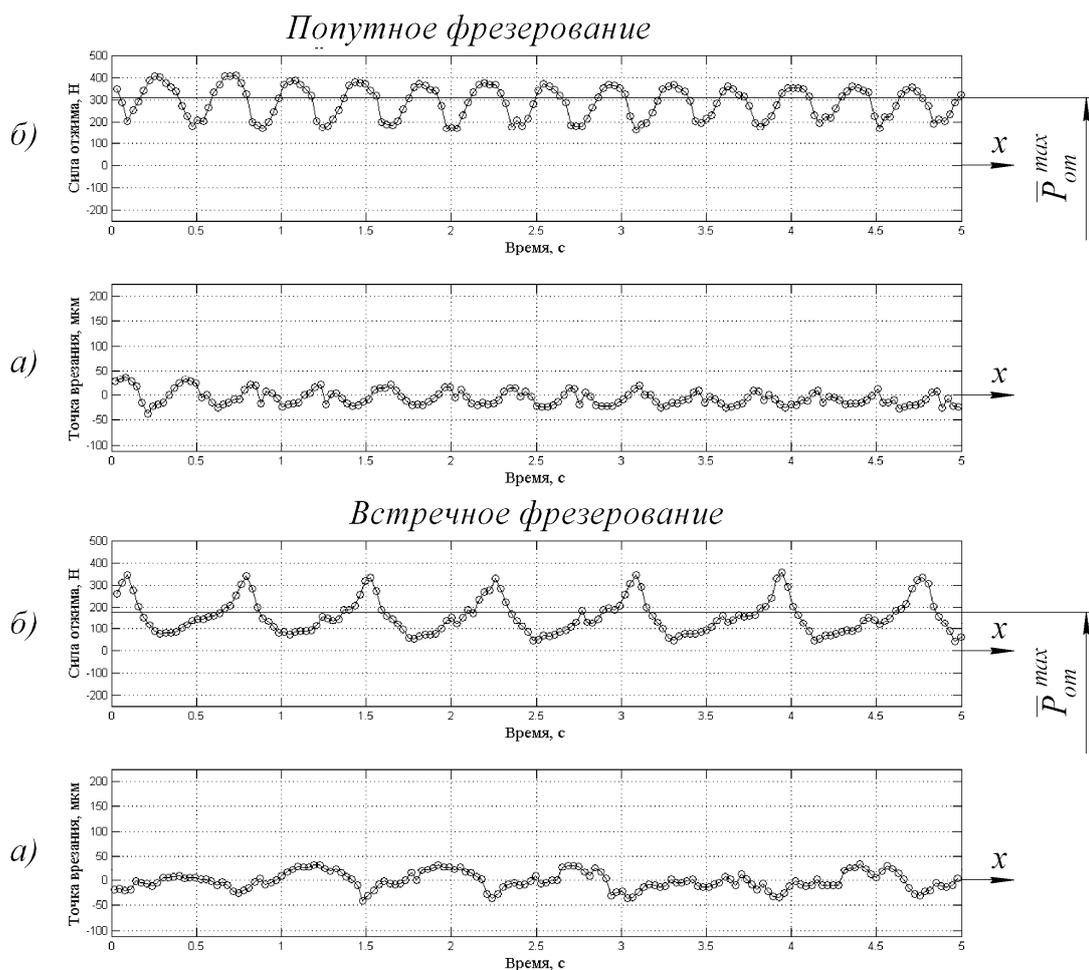


Рисунок 4 – Совмещенные по времени графики

- а) точка резания зуба фрезы в обрабатываемую поверхность, которая совершает колебания относительно положения равновесия ( $ox$ ); б) максимальная сила отжима детали  $P_{от}^{max}$  в момент резания соседним зубом фрезы;  
 ◦ – одно врезание зуба фрезы.

Таблица 2

Направление фрезерования	Среднее число врезаний зуба фрезы за один период			Период колебаний, с	Время одного цикла фрезерования, $\tau_{ц.фр}$ , с
	Нисходящая ветвь	Восходящая ветвь	Всего за один период		
Встречное	6,64	19,73	26,37	0,839	0,0318
Попутное	4,79	5,89	10,68	0,341	0,0319
Отношение	1,39	3,35	2,47	2,46	Разница 0,0001 с

Результаты измерений показывают, что количество врезаний зуба фрезы за один период колебаний силы отжима при встречном фрезерова-

нии почти в 2,5 раза больше, чем для попутного, причем для встречного фрезерования число точек касания фрезы на пути отдаления обрабатываемой поверхности от фрезы в 3,35 раза выше, чем для попутного.

Если период колебаний разделить на количество точек врезания за этот период, то получим время одного цикла фрезерования –  $\tau_{ц.фр}$ . Для встречного фрезерования  $\tau_{ц.фр}^{встр} = 0,0318$  с, а для попутного  $\tau_{ц.фр}^{пуп} = 0,0319$  с. Разница во времени одного цикла фрезерования составляет  $\Delta\tau_{ц.фр} = 0,1$  мс, что подтверждает высокую точность измерения, т.к.  $\tau_{ц.фр} = \tau_{рез} + \tau_{х.х}$  и при одинаковых скоростях вращения фрезы –  $n_{фр}$  не зависит от направления подачи.

В табл. 3 приведены результаты измерения по виброграммам всех составляющих времени в пределах одного цикла фрезерования. Видно, что время одного цикла не зависит от направления подачи (встречное или попутное фрезерование), и уменьшается с увеличением скорости вращения фрезы. Однако, при низких скоростях вращения фрезы ( $n_{фр} = 224$  об/мин) соотношение времени повышения силы отжима до максимального значения  $\tau_{рез}^{вх}$  и времени ее снижения до выхода зуба фрезы  $\tau_{рез}^{вых}$  связано с направлением подачи. Если принять время резания  $\tau_{рез}$  за 100%, то при встречном фрезеровании  $\tau_{рез}^{вх}$  составляет 74,8 %, а  $\tau_{рез}^{вых}$  – 25,2%. При попутном фрезеровании  $\tau_{рез}^{вх}$  составляет 37,9 %, а  $\tau_{рез}^{вх}$  – 62,1%. Таким образом при попутном фрезеровании время  $\tau_{рез}^{вых}$  в 2,5 раза выше чем при встречном.

Таблица 3

Направление фрезерования	$n_{фр}$ , об/мин	Время, мс					Время % $\tau_{рез}$		Время % $\tau_{ц.фр}$		$P_{восст}^{max}$ , Н	$A_{восст}^{max}$ , МКМ
		$\tau_{рез}$	$\tau_{рез}^{вх}$	$\tau_{рез}^{вх}$	$\tau_{х.х}$	$\tau_{ц.фр}$	$\tau_{рез}^{вх}$	$\tau_{рез}^{вх}$	$\tau_{рез}$	$\tau_{х.х}$		
Встречное	224	14,095	10,541	3,554	236,4	250,5	74,8	25,2	5,6	94,4	3,8	1,7
	1800	0,784	0,396	0,388	31,1	31,9	50,5	49,5	2,5	97,5	158,4	70,7
Попутное	224	14,328	5,432	8,896	236,2	250,5	37,9	62,1	5,7	94,3	6,5	2,9
	1800	0,732	0,434	0,348	31,0	31,8	55,5	44,5	2,5	97,5	230,9	103,1

Так как успокоение УС детали начинается после прохождения точки  $M$ , (т.е. после достижения силой отжима  $P_{от}$  максимального значения), то увеличение времени  $\tau_{рез}^{вых}$  приводит к сокращению времени успокоения  $\tau_{вс}$  после выхода зуба из зацепления. Поэтому несмотря на то, что значение сил отжима  $P_{от}^{max}$  при попутном фрезеровании выше, более благоприятные

условия выхода зуба фрезы из зацепления делают этот процесс достаточно виброустойчивым.

При увеличении скорости вращения до  $n_{фр} = 1800$  об/мин направление подачи мало влияет на соотношение времен  $\tau_{рез}^{вх}$  и  $\tau_{рез}^{вых}$ . Они становятся примерно равными. Здесь важно отметить, что если время успокоения УС детали  $\tau_{УС}$  меньше времени  $\tau_{рез}^{вых} + \tau_{x.x}$ , то следующий зуб будет контактировать с поверхностью находящейся в равновесном положении, т.е. колебания отсутствуют. При скорости вращения  $n_{фр} = 224$  об/мин для встречного фрезерования  $\tau_{рез}^{вых} + \tau_{x.x} = 239,95$  мс, а для попутного –  $\tau_{рез}^{вых} + \tau_{x.x} = 245,1$  мс. Видимо этого времени хватает для успокоения УС детали и колебания силы  $P_{от}^{max}$  незначительны (рис. 3). При  $n_{фр} = 1800$  об/мин для встречного фрезерования мс, а для попутного  $\tau_{рез}^{вых} + \tau_{x.x} = 31,35$  мс, т.е. почти в 8 раз меньше, чем при  $n_{фр} = 224$  об/мин. В этих случаях наблюдаются значительные колебания силы  $P_{от}^{max}$ . В табл. 3 приведены значения максимальной восстанавливающей силы  $P_{восст}^{max}$ , измеренной на первой волне колебания УС детали после выхода ее из зацепления с зубом фрезы. Видно, что при попутном фрезеровании не только максимальные силы отжима  $P_{от}^{max}$  больше, но и силы упругости после выхода УС детали из зацепления также выше. При  $n_{фр} = 1800$  об/мин они составляют соответственно для попутного фрезерования  $P_{восст}^{max} = 230,9$  Н, а для встречного  $P_{восст}^{max} = 158,4$  Н. Амплитуда первой волны свободных колебаний УС детали после входа ее из зацепления с деталью при попутном фрезеровании равна  $A_{восст}^{max} = 103,1$  мкм, а при встречном  $A_{восст}^{max} = 70,7$  мкм. Но если амплитуды первой волны отличаются в 1,46 раза, то при одинаковых характеристиках жесткости и демпфирования УС детали, место контакта следующего зуба с обрабатываемой поверхностью, совершающей свободные колебания, для попутного и встречного фрезерования будут отличаться, что, по видимому, и является причиной различной периодичности изменения  $P_{от}^{max}$ , приведенных на рис. 4.

### **Выводы:**

1. При попутном цилиндрическом концевом фрезеровании уровень сил отжимающих маложесткую деталь от фрезы больше, чем при встречном, во всем диапазоне рассмотренных скоростей вращения фрезы.

2. С повышением скорости вращения фрезы средний уровень сил отжима изменяется не существенно, однако размах их колебаний увеличивается, причем для встречного фрезерования значительно больше, чем для попутного.

3. Впервые установлено, что причиной появления периодических колебаний силы отжима детали, является периодическое изменение расположения точки врезания зуба фрезы в обрабатываемую поверхность, которая совершает свободные колебания относительно положения ее равновесия, во время холостого хода зуба фрезы. Причем при контакте в точке максимального отклонения обрабатываемой поверхности к фрезе, возникает наибольшее значение максимальной силы отжима и, наоборот, при максимальном отклонении обрабатываемой поверхности от фрезы сила отжима имеет наименьшее значение.

4. Период колебаний силы отжима и количество точек врезания зуба фрезы за один период для встречного и попутного фрезерования значительно отличается. Для встречного фрезерования период колебаний и количество врезаний в 2,5 раза больше, чем для попутного, причем число точек врезания на пути отхода обрабатываемой поверхности от фрезы в 3,5 раза больше, чем для попутного.

5. Экспериментально установлено, что при высоких скоростях вращения фрезы ( $n_{фр} = 1800$  об/мин) амплитуда первой волны свободных колебаний УС детали для попутного фрезерования почти в 1,5 раза выше, чем для встречного, поэтому при одинаковых характеристиках жесткости и демпфирования УС детали, расположение точки врезания с обрабатываемой поверхностью будут также различными.

6. Установлено, что колебания значений максимальной силы отжима  $P_{от}^{max}$  возникают при условии, когда время успокоения упругой системы детали  $\tau_{УС}$  больше, чем сумма времени выхода зуба фрезы из зацепления  $\tau_{рез}^{вых}$  и времени холостого хода  $\tau_{х.х}$ . Таким образом, условие возникновения колебаний имеет вид  $\tau_{УС} > \tau_{рез}^{вых} + \tau_{х.х}$ .

**Список использованных источников:** 1. Внуков, Ю.Н. Стенд для изучения механических колебаний при фрезеровании мало жестких деталей при концевом фрезеровании / Ю.Н. Внуков, В.А. Логоминов, П.А. Каморкин // Резание и инструмент в технологических системах: Межд. научн. техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2011. – Вып. 80. – С. 32-37.

**Ю. Н. ВНУКОВ**, д-р техн. наук, **В. А. ЛОГОМИНОВ**,  
**П. А. КАМОРКИН**, канд. техн. наук, Запорожье, Украина

## **ОСОБЕННОСТИ КОНЦЕВОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ МАЛОЖЕСТКИХ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ЗАЩЕМЛЕННЫХ ПЛАСТИН»**

### **ЧАСТЬ 3. Влияние скорости вращения кулачка при ударе мало- жесткой детали на формирование значений вынуждающей силы (силы отжима детали).**

В статье представлены результаты экспериментального исследования ударного воздействия вращающимся кулачком на мало жесткую деталь. Показаны принципиальные различия ударного воздействия кулачком и зубом фрезы при фрезеровании. Исследовано влияние скорости вращения кулачка на вынужденные колебания мало жесткой детали. Изучено действие вязкоупругой демпфирующей среды на снижение амплитуды вынужденных колебаний мало жесткой детали.

В статті представлені результати експериментального дослідження ударної дії кулачком, що обертається, на маложорстку деталь. Показані принципи відмінності ударної дії кулачком та зубом фрези при фрезеруванні. Досліджено вплив швидкості обертання кулачка на змушені коливання маложорсткої деталі. Вивчена дія в'язко-пружної середовища на зменшення амплітуди змушених коливань маложорсткої деталі.

The article present experimental research results of impact action a rotating cam on flexible workpiece. Fundamental differences of impact action a rotating cam and mill tooth by milling are shown. Influence of rotational velocity of cam on forced oscillations of flexible workpiece is researched. Effect of viscoelastic damper to reduction amplitude of forced oscillation of flexible workpiece is studied.

В части 1 подробно описана методология изучения сил, возникающих при концевом цилиндрическом фрезеровании мало жестких деталей. В упругой системе детали рассматривают три вида сил: вынуждающую (составляющую силу резания  $R$ , отжимающую деталь –  $P_{от}$ ), восстанавливающую (силу упругого восстановления детали –  $P_{восст}$  в положение равновесия, после снятия действия силы отжима  $P_{от}$ ) и силы трения  $P_{тр}$ , возникающей при свободных колебаниях детали во время восстановления ее в положение равновесия. Сила трения определяется только свойствами упругой системы (УС) детали и условиями диссипации энергии. Величина

восстанавливающих сил определяется как свойствами УС детали, так и условиями приложения вынуждающих сил.

В части 2 подробно описаны результаты влияния скорости вращения фрезы и направления подачи (встречное и попутное фрезерование) на формирование величины вынуждающей силы (силы отжима детали –  $P_{от}$ ) и величины восстанавливающей силы (силы упругости –  $P_{восст}$ ). Показано, что изменение скорости вращения фрезы и направление подачи принципиальным образом изменяют величину силы отжима. Причиной этого являются особенности врезания зуба фрезы в деталь, совершающей свободные затухающие колебания в период холостого хода между соседними врезаниями зуба фрезы. Величина восстанавливающей силы зависит от условий выхода зуба фрезы из зацепления, после достижения силой отталкивания ее максимального значения  $P_{от}^{max}$ .

Таким образом, при фрезеровании наблюдается сложное воздействие на обрабатываемую деталь зубом фрезы – удар со срезанием припуска. Принципиально важно рассмотреть условие формирования вынуждающих и восстанавливающих сил, если удар по УС маложесткой детали не будет сопровождаться срезанием припуска. В этом случае появляется возможность установить непосредственно влияние процесса резания на формирование вынуждающей силы. Условие удара без снятия припуска можно создать, если у фрезы вместо режущего зуба будет выступать шаровая поверхность, которая может обеспечить минимальную площадь контакта с обрабатываемой деталью. Другими словами, если режущий зуб заменить выступающей шаровой поверхностью, то фреза становится кулачком. Принципиальная схема методики исследования сил, возникающих при ударе кулачком, приведена на рис. 1. Для обеспечения формирования силы отжима детали –  $P_{от}$ , между кулачком и образцом создавался предварительный натяг –  $\Delta$  (70 и 120 мкм, для разных серий экспериментов). Для каждой серии экспериментов, величина натяга была постоянной. Таким образом, направление силы отжима  $P_{от}$  всегда было от кулачка. Направление восстанавливающей силы  $P_{восст}$  всегда к оси детали, определяющее положение ее равновесия, и зависит от момента времени колебания пластины (т.е. по какую сторону от оси детали она отклонена). Сила трения  $P_{тр}$  всегда направлена в противоположную сторону от направления действия восстанавливающей силы  $P_{восст}$  в данный момент времени. Для изменения силы трения  $P_{тр}$ , гасящей колебания УС детали, предусмотрена возможность плотного контакта упругой пластины 3 с вязкоупругой средой (демпфером) 4.

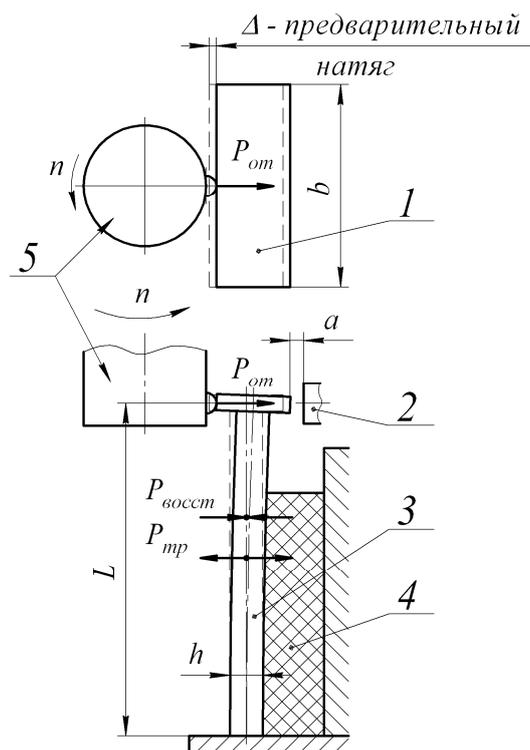


Рисунок 1 – Методика исследования сил, возникающих в УС малогабаритной детали при ударе кулачком

1. Образец из закаленной стали; 2. Индуктивный датчик; 3. Упругая пластина ( $h \times b \times L$ ); 4. Вязкоупругая демпфирующая среда (демпфер); 5. Кулачок с шаровой поверхностью

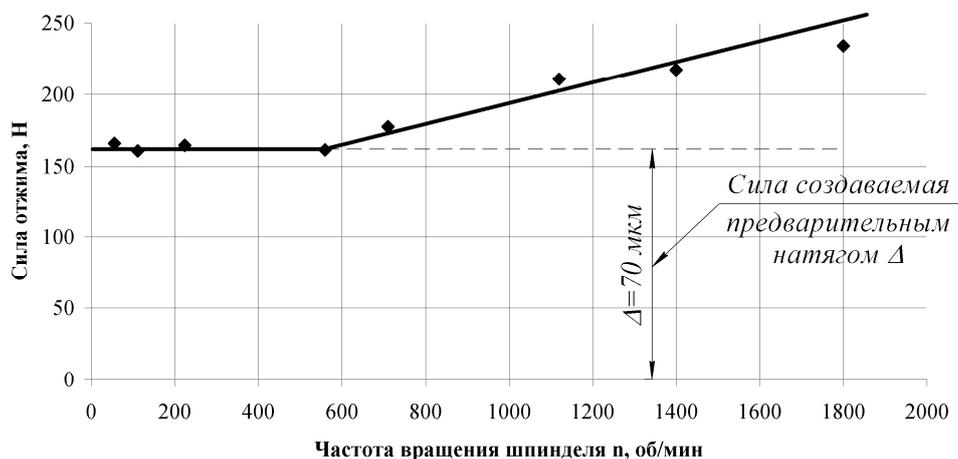


Рисунок 2 – Влияние скорости вращения кулачка на силу отжатия малогабаритной детали ( $h = 8$  мм,  $b = 60$  мм,  $L = 80$  мм, вязкоупругая демпфирующая среда не применялась)

На рис. 2 показано влияние скорости вращения кулачка на величину отжимающей силы  $P_{от}$  (демпфер не применялся). Видно, что до определенных скоростей вращения ( $n = 560$  об/мин) кулачка, сила отжима мало

отличается от силы, создаваемой предварительным натягом, а при дальнейшем увеличении скорости вращения, сила отжима увеличивается пропорционально скорости. В нашем случае скорость вращения кулачка определяет время контакта кулачка с деталью, когда происходит ее отклонение от положения равновесия и время холостого хода в период между двумя соседними ударами, когда деталь совершает свободные затухающие колебания, стремясь снова занять положение равновесия. Таким образом, для каждой УС детали существуют такие условия ее возбуждения и успокоения, при которых влияние скорости вращения кулачка не будет оказывать существенное влияние на величину отжимающей силы. Если с повышением скорости время успокоения  $\tau_{yvc}$  УС детали меньше времени холостого хода  $\tau_{x.x}$ , то наблюдается раскачивание УС, приводящее к увеличению силы ее отжима от положения равновесия. Подробно эти соотношения времен рассмотрены в Части 2 для случаев резания зубом фрезы.

На рис. 3 приведены значения сил отжима УС детали  $P_{om}$  (38-ми последовательных контактов) для условий попутного и встречного цилиндрического фрезерования однозубой фрезой (см. Часть 2) и ударом кулачком для одинаковых скоростей вращения ( $n=1800$  об/мин) и одинаковых свойств УС детали (упругая пластина  $h=8$  мм,  $b=60$  мм,  $L=80$  мм, вязкоупругая среда не применялась). Из рис. 3 видно, что условие возбуждения УС детали совершенно по-разному влияют на формирование величины силы отжима детали  $P_{om}$ . При резании зубом фрезы наблюдается периодичность изменения силы отжима  $P_{om}$ , причем количество ударов для одного периода колебаний значительно отличается и зависит от направления подачи (встречное или попутное фрезерование). При ударе кулачком колебаний значений  $P_{om}$  не наблюдается, несмотря на то, что УС детали может совершать значительные колебания во время холостого хода (см. рис. 4). Таким образом, приведенные результаты показывают, что формирование отжимающей силы  $P_{om}$  при резании зубом фрезы принципиально отличаются от формирования ее в результате удара кулачком. Отличие это заключается в том, что при резании во время контакта зуба фрезы со снимаемым припуском происходит зацепление инструмента с деталью, а при ударе кулачком происходит контакт без зацепления.

Итак, сила отжима формируется во время контакта зуба фрезы и кулачка, а во время холостого хода  $\tau_{x.x}$  (т.е. между ударами) УС детали стремится вернуться в положение равновесия. Если упругую пластину поместить в вязкоупругую демпфирующую среду, которая резко сокращает вре-

мя успокоения УС детали, то можно экспериментально установить, как увеличение сил трения  $P_{тр}$  влияет на изменение формирования силы отжима  $P_{от}$ .

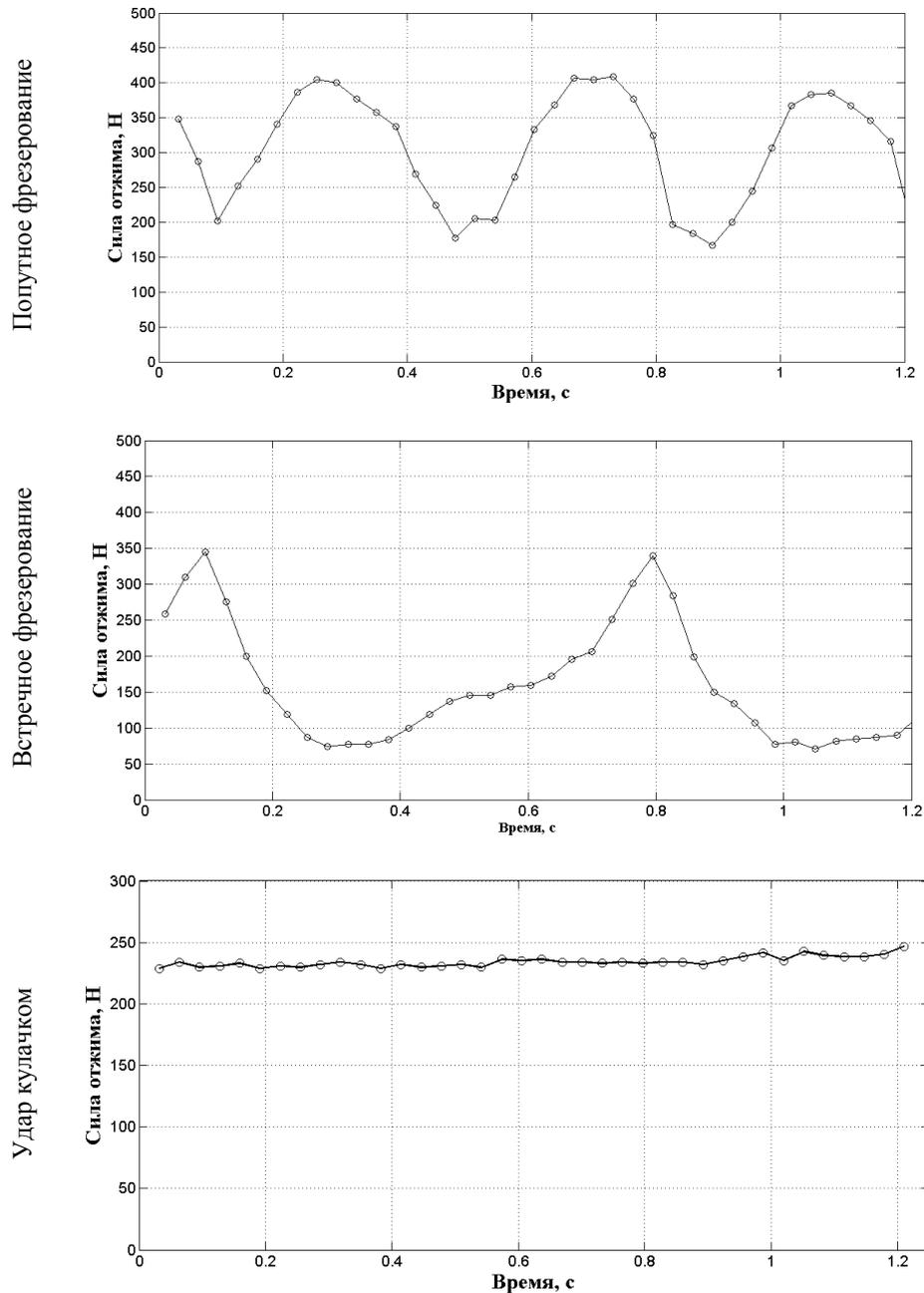


Рисунок 3 – Сила отжима детали  $P_{от}$  во время срезания припуска одним зубом фрезы и ударом кулачком;  $\circ$  – один рез зубом или удар кулачка.

Условия испытаний: Фрезерование:  $n = 1800$  об/мин;  $t = 0,5$  мм;  $S_z = 0,05$  мм/зуб.

Удар кулачком:  $n = 1800$  об/мин; предварительный натяг  $\Delta = 70$  мкм.

Выше установлено, что величина силы отжима при фрезеровании не постоянная и носит периодический характер, а при ударе кулачком она постоянная при любых скоростях его вращения. Поэтому, влияние изменения силы трения  $P_{тр}$  в УС детали на формирование силы отжима  $P_{от}$  изучали при ударе кулачком.

На рис. 4 приведены осциллограммы отклонения УС детали при ударе кулачком с разной скоростью. В первом случае (рис. 4а) рассматривали влияние скорости вращения кулачка на величину силы отжима  $P_{от}$  и силы упругости  $P_{восст}$  для УС детали (упругая пластина  $h = 4$  мм,  $b = 60$  мм,  $L = 80$  мм, предварительный натяг  $\Delta = 80$  мкм), демпфирование колебаний не применялось, а для второго случая (рис. 4б, упругая пластина  $h = 4$  мм,  $b = 60$  мм,  $L = 80$  мм, предварительный натяг  $\Delta = 120$  мкм) демпфирование применялось.

На осциллограммах можно видеть отсутствие колебаний величины силы отжима  $P_{от}$  при всех значениях скоростей вращения кулачка, как в условиях использования демпфирующей среды, так и без нее. Результаты измерений (рис. 5) показывают, что до определенной скорости вращения кулачка сила отжатия мало отличается от сил, создаваемых предварительным натягом, как в условиях применения демпфера, так и без него. Однако при повышении скорости вращения до  $n = 1800$  об/мин наблюдается резкое повышение сил отжима  $P_{от}$  для УС детали без вязкоупругой демпфирующей среды и значительно меньшее их повышение при использовании демпфера. Различие в значениях сил отжима достигало более 3-х раз. Полученные результаты однозначно показывают, что введение демпфирующих сред, находящихся в контакте с маложесткой деталью, позволяют многократно снизить уровень сил отжатия детали при высоких скоростях вращения кулачка.

Но так как уровень вынуждающих сил определяет уровень восстанавливающих сил, то логично предположить, что при снижении вынуждающей силы будет снижаться и восстанавливающая сила упругости, вызывающая раскачивание УС детали во время ее успокоения. Таким образом, чем меньше восстанавливающая сила, тем быстрее УС детали займет положение равновесия. На рис. 6 показана величина восстанавливающей силы  $P_{восст}$ , измеренная по осциллограммам (рис. 4), как амплитуда первой полуволны свободных колебаний УС детали. При скорости вращения ку-

лачка  $n = 1800$  об/мин введение демпфера более чем в 3 раза снижает восстанавливающую силу  $P_{восст}$ .

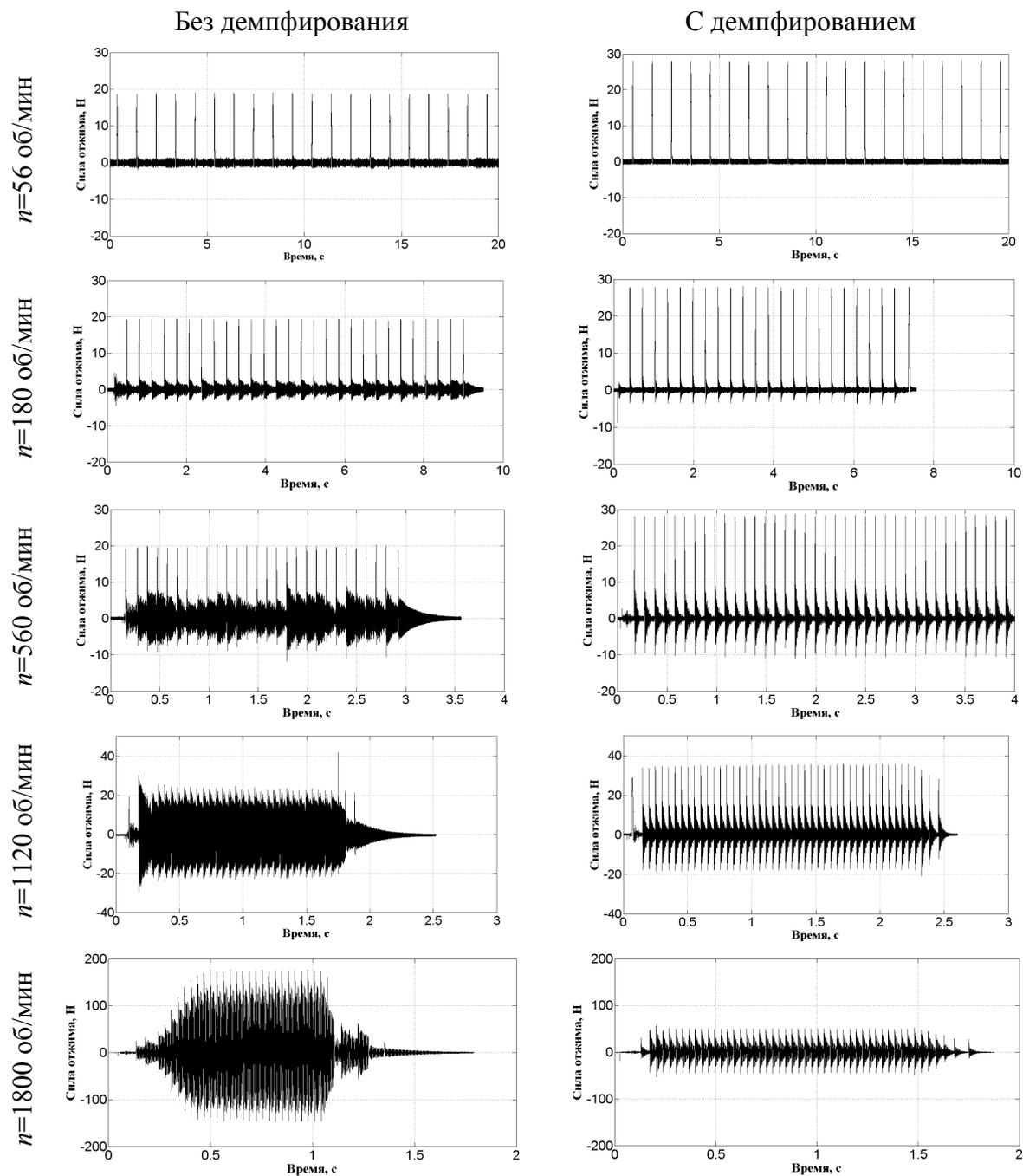


Рисунок 4 – Осциллограммы отклонения УС детали при различных скоростях вращения кулачка и условиях демпфирования

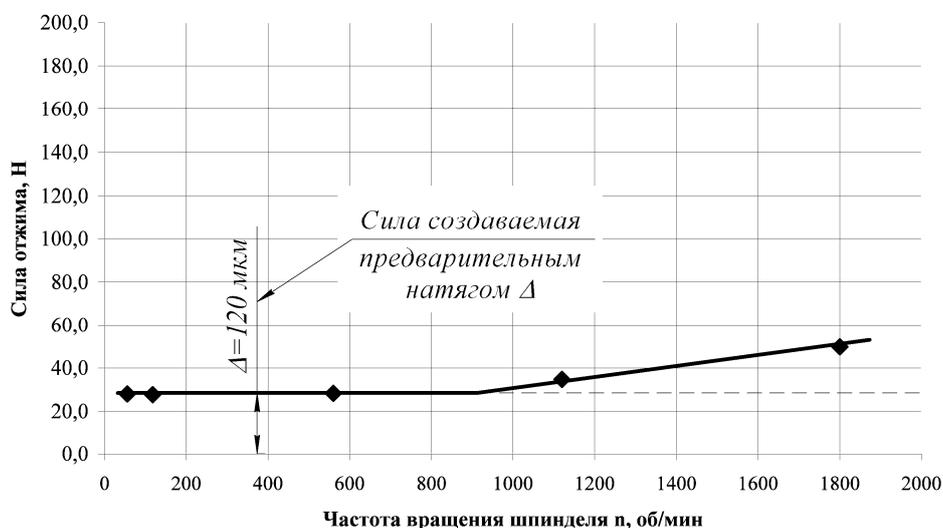
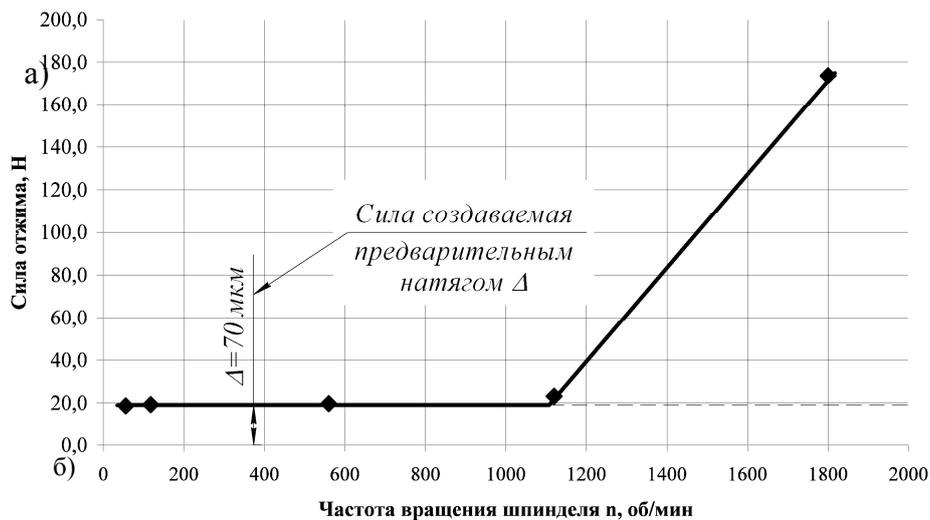


Рисунок 5 – Влияние скорости вращения кулачка на силу отжима малоожесткой детали ( $h = 4 \text{ мм}$ ,  $b = 60 \text{ мм}$ ,  $L = 80 \text{ мм}$ )  
 а) Без демпфера; б) С демпфером

Хорошо известно, что введение демпферов служит для увеличения сил трения в колебательной УС. На рис. 7 приведены осциллограммы свободных затухающих колебаний упругой пластины ( $h = 4 \text{ мм}$ ,  $b = 60 \text{ мм}$ ,  $L = 80 \text{ мм}$ ) без демпфера и с демпфером, позволяющие рассчитать декремент затухания. Расчеты показывают, что с применением демпфера логарифмический декремент затухания увеличился в 2,9 раз, но частота свободных колебаний УС меняется незначительно – с 279 Гц для пластины с демпфером до 284 Гц для пластины без демпфера.

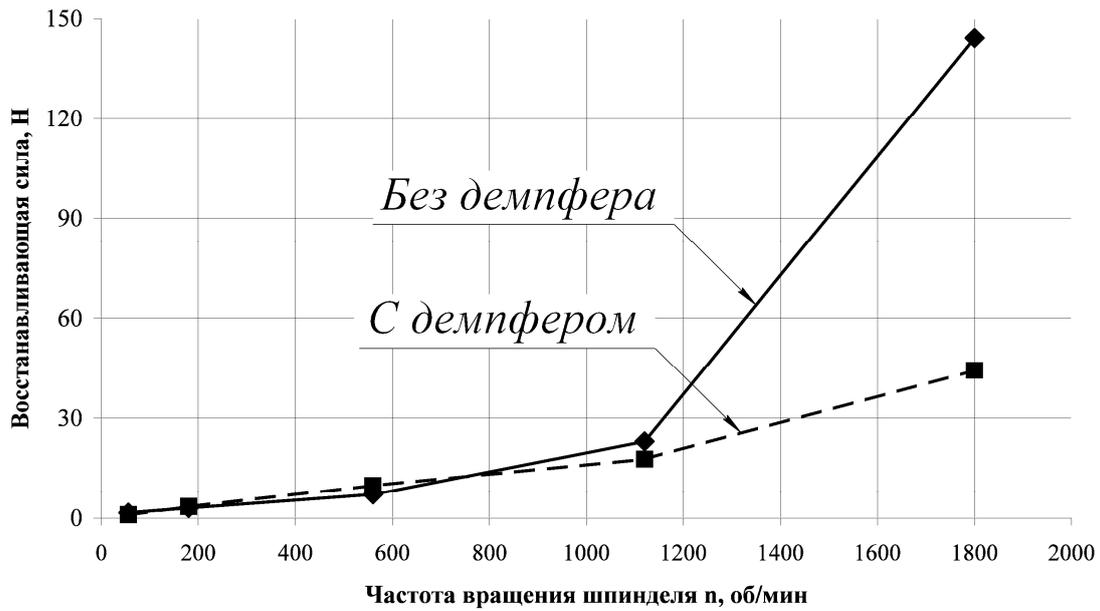
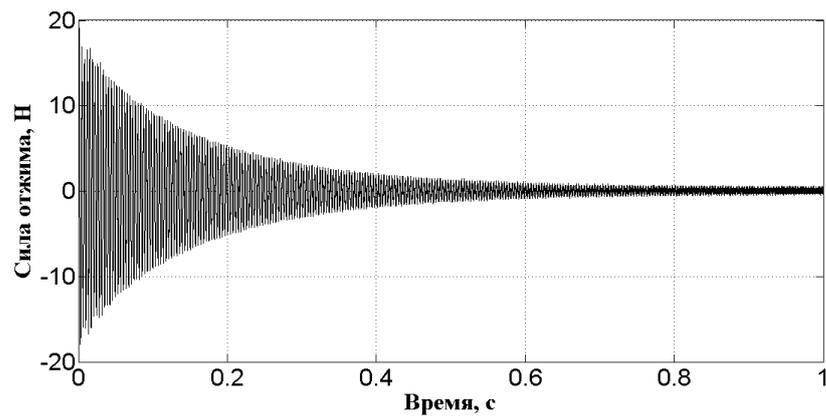


Рисунок 6 – Влияние скорости вращения кулачка на уровень восстанавливающих сил

а) Без демпфера.

Декремент  $\delta = 0,0212$



б) С демпфером.

Декремент  $\delta = 0,0615$

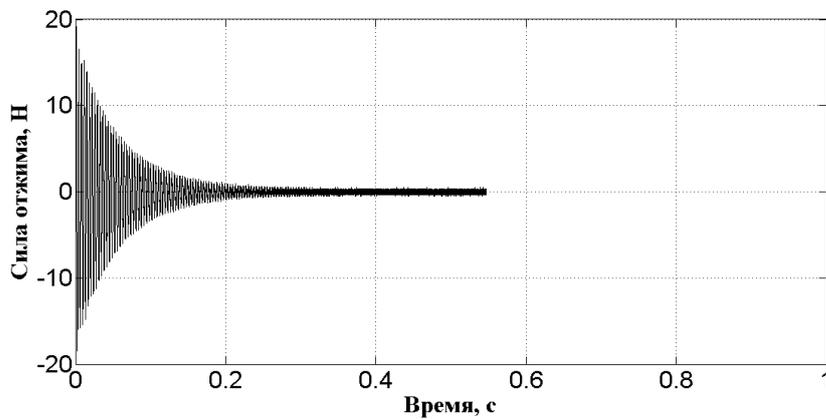


Рисунок 7 – Влияние введения вязкоупругой демпфирующей среды на логарифмический декремент затухания свободных колебаний

Повышение сил трения для успокоения колебательных систем находит широкое применение в практике. Поэтому, в нашем случае применение вязкоупругих сред, демпфирующих колебания и значительно уменьшающих величину силы ее отжима  $P_{om}$ , которая является вынуждающей силой для возбуждения колебаний, может быть эффективно использовано и при фрезерной обработке мало жестких деталей.

### **Выводы:**

1. Если УС детали статически отклонить от положения равновесия (создать предварительный натяг силой  $P_{om}$ ), то с повышением скорости вращения кулачка изменение величины силы отжима УС детали имеет определенную закономерность. При низких скоростях сила отжима практически не отличается от значений предварительного натяга, но при достижении определенного ее значения сила отжима начинает увеличиваться пропорционально увеличению скорости.

2. При ударе кулачком сила отжима детали имеет постоянную величину для каждого удара, в отличии от резания зубом фрезы, где каждый рез вызывает колебания величины силы отжима с определенным периодом, зависящим от направления подачи (встречное или попутное фрезерование). Это связано с различными условиями контактирования кулачка и зуба фрезы. В первом случае это упругий удар, во втором – удар с зацеплением во время снятия припуска.

3. Установленное постоянство величины отклоняющей силы для каждой скорости вращения кулачка, позволяет значительно точнее изучать влияние изменения сил трения в УС мало жесткой детали на величину вынуждающей и восстанавливающих сил.

4. Экспериментально показано, что введение дополнительной вязкоупругой среды (демпфера) в контакт с УС мало жесткой детали, позволяет значительно, более 3-х раз, снизить уровень вынуждающих и восстанавливающих сил при высоких скоростях вращения кулачка.

*ЛАВРИНЕНКО С.Н.*, канд. техн. наук, Харьков, Украина,  
*ЗАПОРОЖЧЕНКО Е.Е.*, канд. физ.-мат наук,  
Днепропетровск, Украина;  
*САЗОНОВА М.С.*, канд. физ.-мат наук, Днепропетровск, Украина;  
*МАМАЛИС А.Г.*, д-р техн. наук, Афины, Греция

### **МОДЕЛЬ АНАЛИТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТОЛЩИНЫ СРЕЗА ПРИ МИКРОФРЕЗЕРОВАНИИ МНОГОЗУБЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

У статті наведено аналітичний вираз для визначення товщини зрізу при мікрофрезеруванні з урахуванням циклоїдального руху ріжучих зуб'їв, наявності биття та нерівномірності подачі на зуб. Для узагальнення рівняння параметри процесу фрезерування (лінійна подача, швидкість обертання інструменту та його радіус) були об'єднані в єдиний безрозмірний параметр. Новий параметр дозволив аналітично визначити максимально можливу товщину стружки при тонкому фрезеруванні, а порівняльний аналіз розрахункових та експериментальних результатів показав високу точність і низький рівень помилок.

В статье приведено аналитическое выражение для определения толщины среза при микрофрезеровании с учетом циклоидального движения режущих зубьев, наличия биения и неравномерности подачи на зуб. Для обобщения уравнения параметры процесса фрезерования (линейная подача, скорость вращения инструмента и его радиус) были объединены в единый безразмерный параметр. Новый параметр позволил аналитически определить максимально возможную толщину стружки при тонком фрезеровании, а сравнительный анализ расчетных и экспериментальных результатов показал высокую точность и низкий уровень ошибок.

The article gives an analytical expression for determining of the cut thickness when considering micromilling cycloidal motion of the cutting teeth, the presence of heartbeat irregularity, and feed per tooth. To generalize the equation parameters of the process of milling (linear flow, the speed of the tool and its radius), have been combined into a single dimensionless parameter. A new parameter is analytically possible to determine the maximum possible thickness of the chip by thinmilling, and comparative analysis of calculated and experimental results showed high accuracy and low error rate.

Для підвищення ефективності процесу мікрофрезерування і якості поверхнового слоя готового изделия необхідно оптимізувати товщину срезаного слоя оброблюваного матеріала при його контролюємому напруженному руйнуванні в процесі різання. При цьому особе

значение приобретает учет динамических особенностей и, в частности, изменения значения величины силы резания, являющейся функцией времени и влияющей на изменение толщины среза. Ряд авторов изучали толщину среза и толщину стружки при фрезеровании и предложили различные модели этого процесса [1-3].

Траектория  $i$ -того зуба при фрезеровании может быть описана, как:

$$x_i = \rho\theta + r_i \sin(\theta + \phi_i), \quad y_i = r_i \cos(\theta + \phi_i), \quad (1)$$

где  $\rho = s / \omega = N_z s_z / 2\pi$  – радиус окружности, определяющей движение зуба по циклоиде;  $s$  – скорость продольной подачи материала;  $\omega$  – окружная скорость фрезы;  $N_z$  – число зубьев;  $s_z$  – подача на зуб;  $r_i$  – радиус  $i$ -того зуба, учитывая биение;  $\theta$  – мгновенный угол режущего инструмента;  $\phi_i$  – угол между  $\theta$  и  $i$ -тым зубом.

На рис. 1 показана схема траектории инструмента, и модель фрезы. Зубья инструмента могут иметь погрешность расположения и каждый зуб может иметь различный радиус. Уравнение (1) можно переписать в безразмерной форме, с помощью деления на номинальный радиус инструмента  $r$ :

$$X_i = \frac{x_i}{r} = \varepsilon\theta + \alpha_i \sin(\theta + \phi_i), \quad Y_i = \frac{y_i}{r} = \alpha_i \cos(\theta + \phi_i), \quad (2)$$

где  $\varepsilon = \rho / r$  – безразмерный параметр;  $\alpha_i = 1 + e_i$  – безразмерный радиус  $i$ -того зуба инструмента;  $e_i$  – биение  $i$ -того зуба с номинальным радиусом  $r$ .

Для остальных зубьев, не имеющих биения, безразмерная траектория определяется исключительно значением  $\varepsilon$ . Безразмерный параметр  $\varepsilon$  пропорционален линейной скорости подачи обрабатываемого материала, и обратно пропорционален скорости вращения инструмента и его радиусу. С увеличением  $\varepsilon$  траектория инструмента становится более удлиненной и толщина стружки увеличивается. Графики траектории инструмента для фрезы с двумя режущими зубьями с различными значениями  $\varepsilon$  представлены на рис. 2.

Толщина среза при фрезеровании определяется как расстояние между текущей и предыдущей траекторией зуба вдоль сегмента линии, соединяющей центр инструмента с острием текущего зуба. Рис. 2 в показывает, что для данного положения инструмента определение толщины стружки нарушено в связи с тем, что толщина среза измеряется не между текущей и предыдущей траекториями инструмента, а простирается за центр вращения инструмента. Чтобы правильно определить толщину стружки, параметр  $\varepsilon$

должен быть уменьшенным настолько, чтобы текущий зуб пересекался с предыдущей траекторией зуба, как показано на рис.2 а и 2 б.

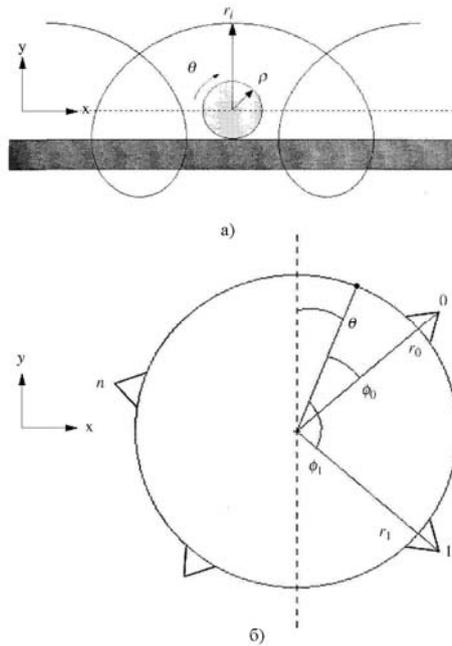


Рисунок 1 – Модель траектории зуба с радиусом  $r_i$  (а) и модель расположения режущих элементов фрезы (б).

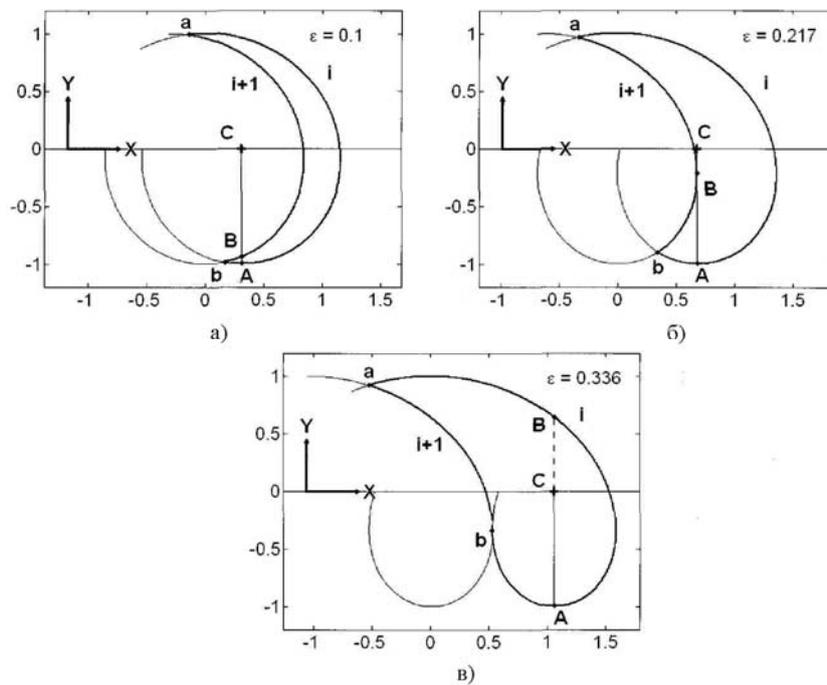


Рисунок 2 – Графики безразмерных траекторий инструмента при увеличении значений  $\varepsilon$ . А – вершина текущего зуба  $i$ ; В – точка мгновенного пересечения с траекторией предыдущего зуба  $Z_{i+1}$ ; С – центр вращения фрезы. Мгновенная толщина среза текущим зубом – сегмент линии АВ.

Предел образования стружки задан значением  $\varepsilon_{\text{lim}}$ , которое во всех положениях текущего зуба между входом и выходом стружки формирует определенную постоянную толщину среза. Хотя положения, показанные на рис. 2, кажутся произвольно выбранными, но результаты моделирования показывают начальное положение, при котором нарушается алгоритм определения толщины среза при дальнейшем увеличении параметра  $\varepsilon$ .

В качестве первой аппроксимации положения инструмента, показанного на рис. 2 б, предположим, что точка пересечения В расположена на линии  $Y=0$ . В определенный момент времени  $t_0$ , зуб  $Z_{i+1}$  поворачивается вокруг оси  $Y_{i+1} = 0$  на угол  $\theta_0 + \phi_{i+1} = \pi/2$  и, далее, в момент времени  $t_i$ , режущий зуб  $Z_i$  поворачивается вокруг оси  $Y_i = -a_i$  на угол  $\theta_i + \phi_i = \pi$ . Для этих двух местоположений значение координаты X будет одинаковым:

$$X_i(\theta_i) = X_{i+1}(\theta_{t_0}), \quad \varepsilon\theta_i + \alpha_i \sin(\theta_i + \phi_i) = \varepsilon\theta_{t_0} + \alpha_{i+1} \sin(\theta_{t_0} + \phi_{i+1}),$$

$$\varepsilon(\pi - \phi_i) + \alpha_i \sin(\pi) = \varepsilon\left(\frac{\pi}{2} - \phi_{i+1}\right) + \alpha_{i+1} \sin\left(\frac{\pi}{2}\right), \quad \varepsilon\left(\frac{\pi}{2} + \phi_{i+1} - \phi_i\right) = \alpha_{i+1}. \quad (3)$$

Как видно из уравнения (3), ограничивающее значение  $\varepsilon$  является функцией разницы углов между зубьями, и эта величина увеличивается при уменьшении расстояния между зубьями. Равномерно расположенные зубья имеют одинаковый угол между всеми вершинами,  $\phi_{i+1} - \phi_i = 2\pi / N_t$ , а в случае неравномерного расположения зубьев наибольшая разница в расстоянии между вершинами двух соседних зубьев, должна быть использована для определения  $\varepsilon_{\text{lim}}$ . Кроме того, на  $\varepsilon_{\text{lim}}$  влияет радиальное биение корпуса фрезы. Поэтому наименьший безразмерный радиус должен быть использован для определения значения  $\alpha_{i+1}$ . В итоге, если  $\varepsilon_{\text{lim}}$  выразить через  $N_t f_t / 2\pi r$ , и предполагая равномерное расположение зубьев, получим:

$$(f_t / r)_{\text{lim}} = 2\pi\alpha_{i+1} / (N_t(\pi/2 + \phi_{i+1} - \phi_i)) = \alpha_{i+1} / (N_t / 4 + 1). \quad (4)$$

Важно отметить, что выражение  $(f_t / r)_{\text{lim}}$  остается зависимым от числа зубьев, несмотря на то, что величина  $f_t / r$  не зависит от количества зубьев.

В действительности, пересечение происходит в точке В, когда зуб  $Z_{i+1}$ , имеет нулевую скорость в направлении оси X:

$$\frac{d(X_{i+1})}{d\theta} = \varepsilon + \alpha_{i+1} \cos(\theta_{t_0} + \phi_{i+1}) = 0, \quad \theta_{t_0} + \phi_{i+1} = \arccos\left(-\frac{\varepsilon}{\alpha_{i+1}}\right). \quad (5)$$

Следующий зуб  $Z_i$  продолжает вращаться и  $X$ -координаты этих двух точек совпадают:

$$\begin{aligned}
X_i(\theta_{i+1}) &= X_{i+1}(\theta_i), \quad \varepsilon\theta_{i+1} + \alpha_i \sin(\theta_{i+1} + \phi_i) = \varepsilon\theta_i + \alpha_{i+1} \sin(\theta_i + \phi_{i+1}), \\
\varepsilon(\pi - \phi_i) + \alpha_i \sin(\pi) &= \varepsilon \left[ \arccos\left(-\frac{\varepsilon}{\alpha_{i+1}}\right) - \phi_{i+1} \right] + \alpha_{i+1} \sin \left[ \arccos\left(-\frac{\varepsilon}{\alpha_{i+1}}\right) \right], \\
\varepsilon \left[ \pi - \arccos\left(-\frac{\varepsilon}{\alpha_{i+1}}\right) + \phi_{i+1} - \phi_i \right] &= \alpha_{i+1} \sin \left[ \arccos\left(-\frac{\varepsilon}{\alpha_{i+1}}\right) \right], \\
\varepsilon_{\text{lim}} &= \frac{\alpha_{i+1} \sin \left[ \arccos(-\varepsilon / \alpha_{i+1}) \right]}{\left[ \pi - \arccos(-\varepsilon / \alpha_{i+1}) + \phi_{i+1} - \phi_i \right]}. \tag{6}
\end{aligned}$$

Уравнение (6) позволяет численно определить значение  $\varepsilon_{\text{lim}}$  для определенной разницы углов  $\phi_{i+1} - \phi_i$ , а также дает возможность определить погрешность, если зубья фрезы расположены неравномерно.

Расчетная толщина стружки для текущего зуба  $H_i$  – это расстояние между текущей и предыдущей траекторией зуба вдоль сегмента линии, соединяющей центр инструмента с острием текущего зуба, обозначенное на рис. 2 как  $AB$ :

$$\begin{aligned}
H_i &= |AB| = |AC| - |BC| = \alpha_i - |BC|. \\
H_i &= \alpha_i - \sqrt{(X_{i+1}(\theta_{t_0}) - X_C(\theta_{t_1}))^2 + (Y_{i+1}(\theta_{t_0}) - Y_C(\theta_{t_1}))^2}, \\
H_i &= \alpha_i - \sqrt{\varepsilon^2(\theta_{t_0} - \theta_{t_1})^2 + 2\varepsilon\alpha_{i+1}(\theta_{t_0} - \theta_{t_1})\sin(\theta_{t_0} + \phi_{i+1}) + \alpha_{i+1}^2}, \tag{7}
\end{aligned}$$

где  $|AC|$  и  $|BC|$  - расстояния между точками  $A$  и  $C$ , и  $B$  и  $C$ , соответственно (см рис. 2), а  $X_C$  и  $Y_C$  – координаты центра инструмента ( $Y_C=0$  всегда при отсутствии вибрации инструмента, которая в данной модели не учитывается). Как представлено в [2], отношение между  $\theta_{t_0}$  и  $\theta_{t_1}$  может быть переписано в безразмерной форме:

$$\varepsilon(\theta_{t_1} - \theta_{t_0}) \cos(\theta_{t_1} + \phi_i) + \alpha_{i+1} \sin \left[ (\theta_{t_1} + \phi_i) - (\theta_{t_0} + \phi_{i+1}) \right] = 0. \tag{8}$$

Синусоидальное выражение в уравнении (8) содержит разницу между угловым положением текущего режущего зуба  $\theta_{t_1} + \phi_i$ , и первого выбранного зуба  $\theta_{t_0} + \phi_{i+1}$ . При этом следует отметить, что даже при больших значениях угловых параметров расположения зубьев эта разница является

очень малой, что позволяет приблизительно принять  $\sin\theta \approx \theta$  и, следовательно:

$$\varepsilon(\theta_{i_1} - \theta_{i_0}) \cos(\theta_{i_1} + \phi_i) + \alpha_{i+1} \sin(\theta_{i_1} + \phi_i - \theta_{i_0} - \phi_{i+1}) = 0,$$

$$\theta_{i_0} (\varepsilon \cos(\theta_{i_1} + \phi_i) + \alpha_{i+1}) = \theta_{i_1} \varepsilon \cos(\theta_{i_1} + \phi_i) + \alpha_{i+1} (\theta_{i_1} + \phi_i - \phi_{i+1}),$$

$$\theta_{i_0} = \frac{\theta_{i_1} \varepsilon \cos(\theta_{i_1} + \phi_i) + \alpha_{i+1} (\theta_{i_1} + \phi_i - \phi_{i+1})}{\varepsilon \cos(\theta_{i_1} + \phi_i) + \alpha_{i+1}},$$

$$\theta_{i_0} = \frac{\theta_{i_1} (\varepsilon \cos(\theta_{i_1} + \phi_i) + \alpha_{i+1}) + \alpha_{i+1} (\phi_i - \phi_{i+1})}{\varepsilon \cos(\theta_{i_1} + \phi_i) + \alpha_{i+1}},$$

$$\theta_{i_0} = \theta_{i_1} - \frac{\phi_{i+1} - \phi_i}{(\varepsilon / \alpha_{i+1}) \cos(\theta_{i_1} + \phi_i) + 1}. \quad (9)$$

Подставляя уравнение (9) в уравнение (7), получаем аналитическое выражение для расчета безразмерной толщины среза при микрофрезеровании многозубым инструментом, представленное как функция безразмерного параметра  $\varepsilon$ , безразмерного радиуса инструмента  $\alpha$  в выражениях текущего углового положения режущего зуба,  $\theta_{i_1}$ .

Выводы:

1) Разработана усовершенствованная модель аналитического определения толщины среза при микрофрезеровании.

2) При помощи уравнения, описывающего движение инструмента в безразмерном виде, получено аналитическое выражение для определения значения предельной толщины срезаемого слоя материала зубом инструмента.

**Список использованных источников:** 1. *Sabberwal A.* Chip section and cutting force during the milling operation // Ann CIRP, 1961. – 10(1). – P. 197–203. 2. *Spiewak S.* Improved model of the chip thickness in milling // Ann CIRP, 1995. – 44(1). – P. 39–42. 3. Моделирование площади среза режущими кромками лезвийного инструмента в зависимости от величины подачи, глубины резания и геометрии лезвия / *Лавриненко С.Н., Кулинич Г.В., Сазонова М.С.* // Сучасні технології в машинобудуванні: зб. наук. праць.– Х.:НТУ"ХПІ", 2010. – Вип. 4. – С. 143–148.

**ЛОБАНОВ В.К.**, д-р техн. наук,  
**ПАШКОВА Г.И.**, канд. техн. наук, Харьков, Украина

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТАТОЧНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ЛИТЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ КОРПУСАХ РЕДУКТОРОВ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН**

В роботі виконано дослідження впливу різних варіантів термічного та вібраційного зміцнення на рівень залишкових напружень і стабілізацію розмірів отворів складних корпусних деталей з алюмінієвих сплавів. Показано позитивний вплив віброобробки на стабільність геометричних параметрів деталей і рівень залишкових напружень.

В работе выполнено исследование влияния различных вариантов термического и вибрационного упрочнения на уровень остаточных напряжений и стабилизацию размеров отверстий сложных корпусных деталей из алюминиевых сплавов. Показано положительное влияние виброобработки на стабильность геометрических параметров деталей и уровень остаточных напряжений.

In the work the influence of different variants of thermal and vibration hardening on the level of residual stresses and stabilization of the size of the holes complex body parts from aluminium alloys was studied. It is shown the positive influence of vibrating on the stability of the geometrical parameters parts and the level of residual stresses.

Для современного машиностроения актуальной задачей является повышение надежности и долговечности машин, при этом на первый план выступает вопрос регулирования остаточных напряжений в них. Известно, что остаточные напряжения возникают в деталях в результате действия различных технологических факторов в процессе их изготовления (при литье, ковке, термической и механической обработке и др.) [1, 2]. Остаточные напряжения по своей величине могут превосходить напряжения от внешних нагрузок и приводит к разрушению конструкций, короблению деталей и т. д. Особенно актуальна проблема остаточных напряжений для крупногабаритных литых изделий.

Корпусы редукторов гусеничных машин относятся к числу наиболее ответственных деталей, изготавливаемых из алюминиевых сплавов методом литья. Корпус редуктора – сложная по конфигурации отливка, имеющая более десяти отверстий диаметром от 100 до 255 мм (рис. 1).

Установлено [3], что в процессе изготовления происходит неоднократное самопроизвольное изменение формы и размеров выполненных от-

верстий. Одной из возможных причин возникновения необратимых деформаций в корпусах могут быть остаточные напряжения.

Зафиксировано также возникновение трещин на деталях, что является косвенным свидетельством их неравномерного напряженного состояния и высоких значений растягивающих напряжений.

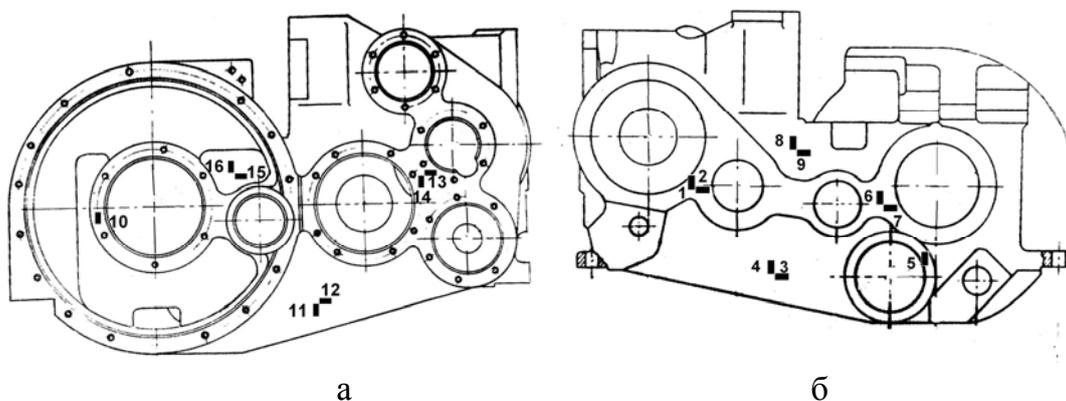


Рисунок 1 – Эскиз корпуса редуктора из сплава АК6Мг:  
а – основной вид; б – с тыльной стороны

В настоящее время для снижения напряжений, стабилизации формы и размеров конструкций во многих отраслях промышленности наряду со стабилизационным отпуском применяют вибрационную обработку [4-8].

Целесообразно определить возможность применения термической и вибрационной обработок для регулирования остаточных напряжений в литых алюминиевых корпусах. При этом следует иметь в виду, что в настоящее время в мировой литературе существуют, по меньшей мере, две основные концепции виброобработки деталей с целью стабилизации их размеров:

– по мнению представителей фирмы «Martens» и других исследователей виброобработка наиболее эффективна в тех случаях, когда в детали в результате возбуждения вибраций возникают небольшие по величине вибронапряжения. В этом случае стабилизация размеров реализуется за счет изменения микронапряжений, что приводит к увеличению релаксационной стойкости материала детали. Остаточные макронапряжения при такой обработке изменяются незначительно или вообще не меняются.

– с точки зрения других авторов для стабилизации размеров сварных и литых деталей в них следует возбуждать высокие вибронапряжения, которые, складываясь с остаточными макронапряжениями, превышают динамический предел текучести и вызывают релаксацию остаточных напряжений. Уменьшение величины этих напряжений и приводит к стабилизации геометрии детали при различных внешних воздействиях либо с течением времени.

Целью настоящей работы является оценка уровня остаточных напряжений в корпусах редукторов гусеничных машин, изготовленных по различным технологическим схемам, и определение эффективности предложенных обработок для стабилизации размеров отверстий указанных деталей.

Для исследований были использованы отливки корпусов из сплава АК6Мг (6,0-8,0 % Si; 0,2-0,4 % Mg; Al – ост.) следующих вариантов изготовления:

1. отливка (литьем в кокиль), без термической обработки;
2. термическая обработка по серийному режиму (нагрев до температуры  $535 \pm 5^\circ\text{C}$ , закалка в воду, старение при  $180^\circ\text{C}$  в течение 5 ч.);
3. термообработка, включающая закалку в перевернутом положении (тыльной стороной вверх) по серийному режиму;
4. термообработка по серийному режиму с последующей вибрационной обработкой.

Вибрационная обработка корпусов осуществлялась на универсальной экспериментальной установке модели 489Р, состоящей из подпружиненного вибростола, вибратора (вибровозбудителя) и пульта управления, позволяющей плавно изменять частоту нагружения от 20 до 100 Гц, регулировать возмущающую силу на резонансных частотах в пределах до 12 кН, регистрировать ток, потребляемый вибровозбудителем, и частоту возбуждения колебаний.

Для выбора оптимальных параметров и режима вибростабилизационной обработки была проведена специальная работа [9]. Однако, в связи с тем, что детали для исследования поступили без механической обработки и поэтому имели во внутренней полости литниковую систему, играющую роль ребра жесткости, параметры режима возбуждения несколько отличались от разработанных. Вибрационная обработка корпусов производилась при частоте порядка 85 Гц и величине тока нагрузки 0,85 А. При этом ЭДС вибродатчика, установленного на расстоянии 20 мм от края отливки, составляла 45-46 мВ.

Значения твердости корпусов, определяемые методом Полюди, приведены в таблице 1.

Оценка эффективности предложенных вариантов обработки осуществлялась путем изучения характера изменения размеров отверстий в корпусах с течением времени по методике, изложенной в работах [3,9]. Изменение размеров отверстий производилось непосредственно после изготовления, через сутки, а затем через 15 суток после изготовления.

Измерение остаточных напряжений на поверхности отливок корпусов производилось при помощи двух механических методов – отверстий и трепанаций [1,10].

Таблица 1 – Средние значения твердости алюминиевых корпусов различных вариантов изготовления

№ п/п	Вариант изготовления	Средние значения твердости, НВ
1	Отливка, без термообработки	42
2	Серийная термообработка	93
3	Термообработка в перевернутом положении	76
4	Серийная термообработка, виброобработка	78

Оба способа являются разрушающими и основаны на измерении деформаций в различных зонах детали, возникающих при нарушении ее сплошности вследствие рассечения. При этом указанные методы дополняют друг друга – метод трепанаций позволяет производить измерения на ровных участках значительной протяженности, поскольку трепанируется зона поверхности, на которой расположены розетка тензодатчиков и переходные монтажные колодочки. Метод отверстий дает возможность определить остаточные напряжения в меньших по площади зонах, но очень сильно зависит от параметров рассечения: диаметра и глубины отверстия, расстояния от места измерений и т. д.

Определение деформаций при исследовании остаточных напряжений производили способом электротензометрии [11] с использованием проводочных тензорезисторов типа 2ПКБ-10-100В, которые наклеивались клеем циакрин ЭО и защищались от стружки резиновыми пластинами. Термокомпенсационные тензорезисторы наклеивали аналогично рабочим на пластины из того же материала, что и корпусы. Для определения деформаций были использованы полумостовые измерительные схемы подключения тензорезисторов. Выходные сигналы тензорезисторов до и после сверления отверстий либо выделения трепанируемого участка фиксировали с помощью тензометрической системы СИИТ-3 с коэффициентом чувствительности равным  $1,98 \cdot 10^{-6}$  единиц относительной деформации.

Рассечение детали в обоих случаях осуществлялось методом высверливания: диаметр сверла 6 мм, скорость сверления  $300 \text{ мин}^{-1}$ .

Для исследования остаточных напряжений на каждый из корпусов наклеивалось по 16 тензорезисторов, места расположения которых показаны на рис. 1 а, б. Тензорезисторы располагались в основном в двух взаимно перпендикулярных направлениях – прямоугольные розетки, включающие тензорезисторы с номерами 1 и 2, 3 и 4, 6 и 7, 8 и 9, с одной стороны корпуса, а розетки с тензорезисторами №№ 11 и 12, 13 и 14, 15 и 16 – с другой. Кроме этого были использованы два одиночных тензорезистора – № 5 и № 10. Таким образом, тензорезисторы располагались в зонах размещения контролируемых отверстий, в местах переходов сечений, а также в районах, расположенных вдали от отверстий. В зонах большой протяженности, но небольшой толщины (тензорезисторы №№ 3, 4; 8, 9; 11, 12; 15,

16), измерения проводились методом трепанаций, а в локальных зонах большой толщины – методом отверстий.

Метод трепанаций предусматривает полное отделение изучаемого участка от остальной детали. Возникающие при этом деформации, измеренные тензорезисторами, зависят от величины и знака остаточных напряжений в детали до рассечения.

Расчет остаточных напряжений в заданных двух взаимно перпендикулярных направлениях производился по известной методике [1].

Метод отверстий основан на перераспределении напряжений вблизи одного из простейших концентраторов – круглого отверстия. Деформации на поверхности детали, возникающие в результате сверления сквозных отверстий, обусловлены величиной и знаком исходных остаточных напряжений. Для расчетов величин остаточных напряжений были использованы формулы, приведенные в работе [10].

Обобщенные результаты исследования остаточных напряжений в корпусах приведены в таблице 2.

Таблица 2 –Значения остаточных напряжений в алюминиевых корпусах различных вариантов изготовления

№ п/п	Вариант изготовления	Значения остаточных напряжений, МПа
1	Отливка, без термообработки	– 28,8 ... + 38,0
2	Серийная термообработка	– 39,8 ... + 63,6
3	Термообработка в перевернутом положении	– 38,7 ... + 106,0
4	Серийная термообработка, виброобработка	– 56,3 ... + 44,2

Следует отметить, что сжимающие остаточные напряжения отмечены для корпусов 1, 2 и 4 вариантов изготовления в одних и тех же точках (соответственно тензорезисторы 6, 7 и 13, 14; измерения производились методом отверстий). Во всех остальных исследованных точках зафиксированы растягивающие остаточные напряжения. Для деталей с опытным вариантом термической обработки напряжения сжатия зарегистрированы в 10-ти точках из 16-ти.

Полученные данные позволяют сделать следующие выводы о характере напряженного состояния корпусов различных технологических вариантов изготовления:

– распределение напряжений в корпусах крайне неравномерно: в разных точках детали возникают различные по величине и знаку остаточные напряжения от - 56,3 МПа (сжимающие) до + 106 МПа (растягивающие). Причины такой неравномерности распределения напряжений заключаются в очень сложной конфигурации детали (наличие большого числа крупных отверстий, обилие переходов сечений, малая жесткость некоторых сечений и пр.). Такие напряжения вследствие высокой неравномерно-

сти и значительных величин на всех стадиях получения заготовки приводят к необратимым деформациям детали;

– обе поверхности корпусов напряжены примерно одинаково как после отливки, так и после термообработки. Уровень растягивающих остаточных напряжений в корпусах после отливки не превышает + 38 МПа. После термической обработки по серийному режиму их значения несколько возрастают и достигают + 63,6 МПа. Это связано с общим повышением механических характеристик материала корпусов после термообработки;

– при закалке корпусов в перевернутом положении характер распределения напряжений по поверхности детали меняется: если для остальных вариантов количество растягивающих напряжений существенно превышает количество сжимающих, то в корпусах с измененной технологией термообработки в 2,5 раза больше количество точек, в которых зафиксированы остаточные напряжения сжатия. Если исходить из общей концепции благотворного влияния на прочность сжимающих остаточных напряжений, то следует считать, что распределение напряжений в данном случае является наиболее благоприятным;

– реализация операции вибрационной обработки деталей, термообработанных по серийной технологии, не оказывает существенного влияния на уровень остаточных напряжений и характер их распределения по поверхности корпусов. Следует отметить лишь некоторое увеличение значений остаточных напряжений сжатия.

Обобщенные результаты измерений размеров отверстий в корпусах с различными вариантами изготовления показаны на диаграмме, приведенной на рис. 2.

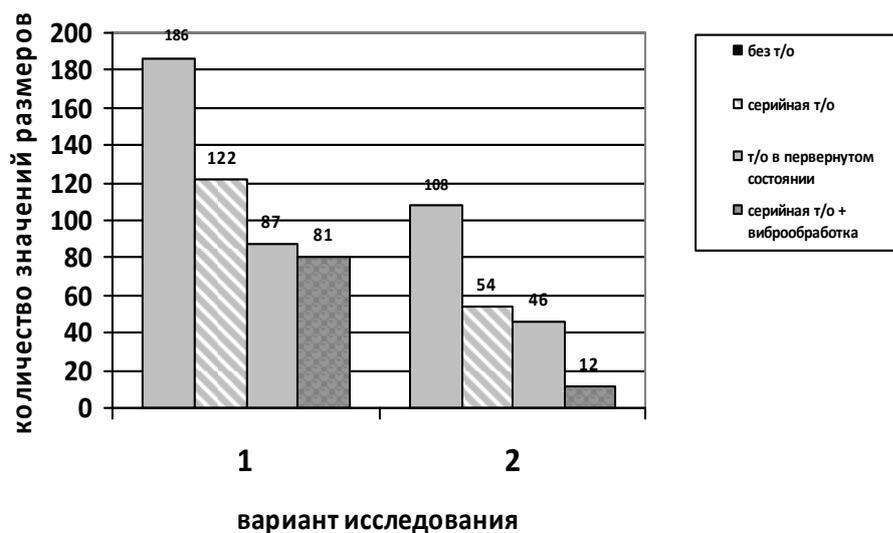


Рисунок 2 – Количество проконтролированных размеров отверстий, выходящих за пределы поля допусков, при измерениях: 1 – через сутки; 2 – через 15 суток

Следует отметить, что непосредственно после изготовления все размеры отверстий находились в пределах чертежных допусков. Последующее вылеживание приводит к заметному изменению исходных размеров отверстий и к отклонению их от чертежных допусков.

Результаты исследований, приведенные на диаграмме, свидетельствуют о высокой эффективности вибрационной обработки, особенно при вылеживании корпусов.

Таким образом, благоприятное воздействие виброобработки в данном случае обусловлено, вероятнее всего, не изменением уровня и характера распределения остаточных напряжений, а повышением релаксационной стойкости материала.

Результаты проведенных исследований реализованы в опытно-промышленном производстве путем создания гибкого участка с виброкомплексом для изготовления корпусных деталей, что позволило существенно повысить их качество.

**Список использованных источников:** 1. *Биргер И.А.* Остаточные напряжения. – М.: Машгиз, 1963. – 232 с. 2. Технологические остаточные напряжения / под ред. *А.В. Подзезя.* – М.: Машиностроение, 1973. – 216 с. 3. *Лобанов В.К., Пащикова Г.И.* Стабилизация геометрических параметров литых корпусов редукторов гусеничных машин // Високі технології в машинобудуванні: Зб. наук. пр. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2011. – вип. 1 (21). – С. 178-184. 4. *Коцюбинский О.Ю.* Коробление чугуновых отливок от остаточных напряжений. – М.: Машиностроение, 1965. – 175 с. 5. *Винокуров В.А.* Отпуск сварных конструкций для снижения напряжений. – М.: Машиностроение, 1983. – 215 с. 6. *Борздыка А.М., Гецов Л.Б.* Релаксация напряжений в металлах и сплавах. – М.: Металлургия, 1972. – 304 с. 7. *Шнеер Ф.З., Панов В.И.* Вибрационная обработка крупногабаритных конструкций с целью уменьшения деформации и склонности к образованию трещин // Сварочное производство. – 1983. – № 5. – С. 13-15. 8. *Янус Ю.Р.* Исследование влияния вибрационного воздействия на релаксацию остаточных напряжений, структуру и свойства конструкционных сталей и алюминиевых сплавов: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук 05.16.04. – Свердловск, 1988. – 21 с. 9. *Лобанов В.К., Пащикова Г.И.* Оптимизация параметров вибрационной обработки литых корпусов редукторов гусеничных машин // Високі технології в машинобудуванні: Збірн. наук. праць. – Харків: НТУ „ХПІ”, 2011. – вип. 1 (21). – С. 165-177. 10. Остаточные напряжения в заготовках и деталях крупных машин / под ред. *О.Н. Михайлова.* – Свердловск: НИИТЯЖМАШ Уралмашзавода, 1971. – 191 с. 11. *Шушкевич В.А.* Основы электротензометрии. – Минск: Вышэйшая школа, 1975. – 352 с.

**МЕНУМЕРОВ Э.Р., МЕМЕТОВ С.Р.,  
ЯКУБОВ Ч.Ф.**, канд. техн. наук, Симферополь, Украина

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОТС РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРИРОДЫ НА СОСТАВЛЯЮЩИЕ СИЛЫ РЕЗАНИЯ**

Розглядається можливість збільшення експлуатаційних характеристик рослинних олій які використовуються в якості МОТС за рахунок введення до їх складу антиоксидантів. Показані результати вимірювання сил різання в середовищі антиоксидантів та інертних газів.

Рассматривается возможность увеличения эксплуатационных характеристик растительных масел используемых в качестве СОТС за счет введения в их состав антиоксидантов. Показаны результаты измерения сил резания в среде антиоксидантов и инертных газов.

The possibility of increasing the performance of vegetable oils used as coolants through the introduction of their antioxidants. Shows the measured cutting forces in the environment of antioxidants and inert gases.

Роль СОТС как обязательного элемента современного технологического процесса значительного резерва повышения производительности и качества обработки общепризнанна и неоспорима. Тем не менее, анализ современных производственных процессов показывает, что именно СОТС являются одним из главных загрязнителей окружающей среды и причиной, вызывающей заболевания обслуживающего персонала.

Такое положение нуждается в пересмотре традиционных схем эксплуатации технологических смазок и обосновывает обращение производственных компаний в сторону новых решений в этой области. Одним из таковых является использованием в качестве СОТС экологически безвредных смазок на основе растительных масел, которые по своей природе являются безвредными для окружающей среды и человеческого организма, а также имеют более высокие трибологические характеристики, чем минеральные масла [1, 2, 3].

Однако широкое использование растительных масел в качестве СОТС, в настоящее время, ограничивается комплексом нерешенных задач, главными из которых являются: повышение смазочно-охлаждающей эф-

фективности (трибо-технологических параметров); увеличение ресурсной стабильности и окислительной стойкости (особенно при высоких температурах), расширение области температур их эффективного использования; снижение расхода масел (вследствие их относительно высокой стоимости) и др.

Одним из перспективных направлений решения указанных задач, как показывает анализ научных публикаций, является модификация состава растительных масел введением примесей на основе активных жирорастворимых соединений. Используя физико-химические особенности примесей, оказывается возможным влиять на процессы термоокислительной деструкции СОТС и, как следствие, трибологические характеристики пары трения (интенсивность износа, фрикционную теплостойкость, силы резания, качество обработанной поверхности и др.)

В соответствии с современными представлениями СОТС в процессе резания может производить смазывающее, проникающее, охлаждающее, пластифицирующее и моющее действия [4]. Разделить различные эффекты действия СОТС бывает весьма сложно, так как они могут проявляться одновременно и порознь в различных зонах контактной поверхности инструмента, стружки и заготовки в зависимости от особенностей операции и режимов резания, характеристик обрабатываемого инструментального материалов. В случаях минимизированного использования СОТС (в виде аэрозоли) моющее и охлаждающее действия практически не проявляются.

Смазывающее и проникающее действия СОТС проявляется преимущественно в зоне контакта резца и стружки, а также контакта резца и заготовки. Данные действия обусловлены способностью СОТС вступать в физическое, химическое и физико-химическое взаимодействие с активированными поверхностями контактной зоны и образовывать на них гидродинамические и граничные (адсорбционные и химические) смазочные пленки. Ввиду специфических особенностей применения растительных масел в качестве СОТС, а именно работа на заниженных режимах при температуре до 350°C [1], в основном возникают адсорбционные смазочные пленки. Поверхностно-активные молекулы, содержащиеся в растительных маслах в виде триглицеридов, прочно адсорбируются слоями на контактирующих металлических поверхностях.

Пластифицирующее действие СОТС тесно связано с эффектом адсорбционного понижения прочности или эффектом Ребиндера [5]. Под этим действием СОТС подразумевается их способность пластифицировать металл благодаря наличию в них поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Эффект адсорбционного понижения прочности обусловлен прежде всего тем, что ПАВ, понижая поверхностную энергию металла, способствуют зарождению пластических сдвигов и развитию разнообразных дефектов при меньших напряжениях.

Однако в нормальных условиях трения и износа, а также при обработки металлов резанием явление адсорбционного понижения прочности выражены не очень ярко, и различия при обычных испытаниях в инактивной смазке и той же смазке с малыми добавками ПАВ сравнительно невелики (применение физических методов исследования позволяют их обнаружить) [6]. В связи с этим Б.И. Костецким [7], было выдвинуто предположение об экранирующем действии оксидных пленок, возникающих в присутствии кислорода воздуха и резко снижающих эффект пластифицирующего действия ПАВ при трении.

Своеобразная и очень важная роль кислорода воздуха в процессах трения и износа, полностью сохраняется в присутствии органических ПАВ. Это объясняется, прежде всего, тем, что скорость хемосорбционного взаимодействия кислорода с поверхностью металла значительно превышает скорость адсорбции ПАВ.

В этой связи, научный и практический интерес представляет модификация СОТС растительной природы антиоксидантами (АО) – органическими соединениями, обладающими явно выраженными антиокислительными свойствами.

Согласно проведенному анализу [8], наиболее эффективным и отвечающим требованиям экологической безопасности реагентом из всех рассмотренных АО является витамин Е ( $\alpha$ -токоферол).

Являясь жирорастворимым веществом, выбранный АО легко смешивается с растительными маслами и ингибирует действие кислорода, находящегося в зоне резания (рис. 1). Происходит это благодаря восстановительным свойствам АО, скорость взаимодействия с кислородом которых, значительно выше скорости хемосорбционного взаимодействия кислорода с металлом. Также в случае возникновения оксидных пленок, АО попадая на поверхность оксидной пленки, химическим путем извлекают из нее кислород и восстанавливают металл до нормального (металлического) состояния. Таким образом, обеспечивая непосредственное взаимодействие ПАВ с металлом и как следствие усиливая их адсорбционные и пластифицирующие действия.

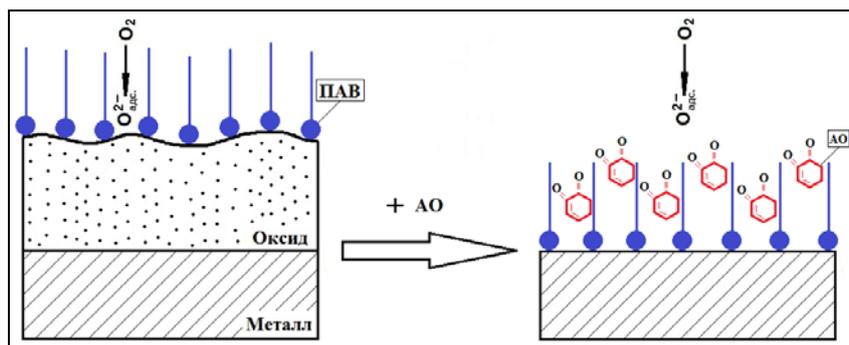


Рисунок 1 – Схема ингибирования АО процесса возникновения оксидной пленки

Способность витамина Е блокировать действие кислорода обусловлена содержанием в нем трижды метилированного фенольного кольца с системой сопряженных двойных связей, поэтому он легко отдает электрон свободным радикалам, восстанавливая их до свободных продуктов. При этом действие АО сравнимо с действием инертных газов (устранение воздуха из зоны резания достигается избыточным давлением инертного газа, например аргона, который в 3 раза тяжелее воздуха). Поэтому установить роль и значение АО в процессе резания возможно при проведении аналогии с инертными газовыми средами. В этом случае частично или полностью исключается действие кислорода, азота, водорода и водяного пара, содержащихся в воздухе при взаимодействии с которыми, на ювенильных поверхностях образуются оксиды, нитриды, гидриды и твердые растворы с их участием. В случае с АО нейтрализация кислорода воздуха происходит благодаря химическому ингибированию его действия (скорость взаимодействия АО с кислородом выше скорости хемосорбции кислорода в металл).

На основании вышеизложенного были проведены исследования сил резания в среде различных СОТС. Силовые параметры процесса резания определялись как показатель изменения пластифицирующего и смазывающего действий СОТС.

Составляющие силы резания измерялись универсальным динамометром УДМ-600, сигналы которого посредством аналогово-цифрового преобразователя 812ПИ4 передавались на ПК, и обрабатывались специально разработанным под данный динамометр программным обеспечением ЛИС-16С.

Эксперименты проводились на универсальном токарно-винторезном станке повышенной точности модели SAMAT 400M (рис. 2). В качестве заготовки использовались нержавеющая сталь 12Х18Н10Т и титановый сплав ВТ-22. Скорость резания варьировалась в пределах 5-40 м/мин, по-

дача 0,1 мм/об, глубина резания составляла 0,5 мм. При таких режимах достигаются максимальные смазывающие, проникающие и пластифицирующие действия СОТС растительной природы [1].

В качестве сред при резании использовались:

1. Индустриальное масло И-20;
2. Подсолнечное масло (ПМ);
3. Рапсовое масло (РМ);
4. Подсолнечное масло + АО (ПМ+АО);
5. Рапсовое масло + АО (РМ+АО);
6. Подсолнечное масло + инертный газ (ПМ+Ar);
7. Рапсовое масло + инертный газ (РМ+Ar).

Стандартная марка СОТС на минеральной основе (И-20) применялась для обеспечения сравнительного анализа наряду с растительными маслами и их модификациями.

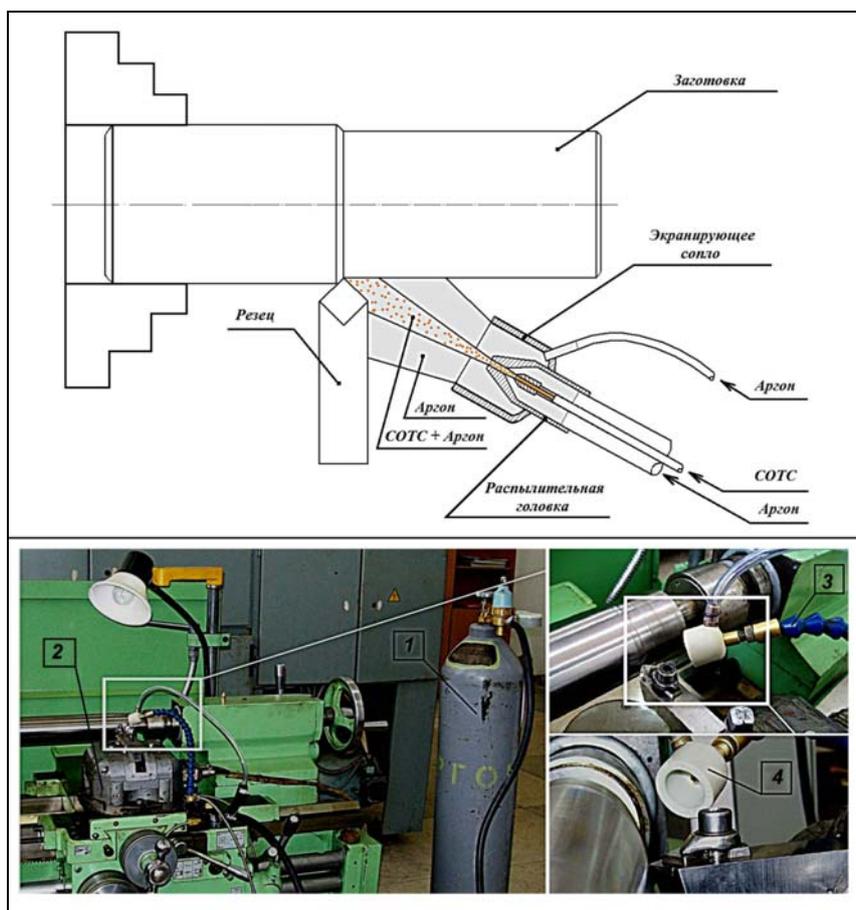


Рисунок 2 – Схема и установка для точения в среде аргона: 1 – аргон, 2 – динамометр УДМ-600, 3 – устройство минимизированной подачи СОТС, 4 – экранирующее сопло.

Использование растительных масел в среде инертного газа при резании объясняется необходимостью исследования влияния кислорода воздуха на их пластифицирующую способность. При этом нейтрализация действия кислорода достигается избыточным давлением в зоне резания инертного (защитного) газа. Использование АО в сочетании с растительными маслами также призвано локализовать хемосорбционные процессы происходящие в зоне резания, однако, за счет химического ингибирования действия кислорода. Присутствующий в зоне резания кислород «захватывается» и связывается АО благодаря их восстановительным свойствам.

Все жидкие СОТС подавались путем распыления в виде аэрозоли устройствами минимальной смазки MiniCool фирмы «NOGA» (Израиль). Для работы данных устройств необходимо давление газа. В случае подачи в зону резания подсолнечного и рапсового масел чистых и с АО в качестве газа использовался сжатый воздух получаемой при помощи компрессорной установки. Давление при этом соответствовало давлению сжатого воздуха в стандартных заводских пневмосетях – 0,4 МПа.

В качестве защитного инертного газа при исследованиях использовался аргон высокой чистоты (сорта - высший, ГОСТ 10157-73), с суммарным содержанием примесей –  $O_2$ ,  $N_2$ ,  $H_2O$  – не более 0,03%. Аргон практически не вступает в химические взаимодействия с нагретыми металлами и другими газами в зоне резания. Будучи на 38% тяжелее воздуха, аргон вытесняет его из зоны резания и надежно изолирует ее от контакта с атмосферой. Тем самым достигается практически полное исключение воздействия кислорода (и азота) воздуха и, как следствие, формирование оксидных пленок на поверхностях как инструментального, так и обрабатываемого металлов.

Аргон в газообразном состоянии подавался из стандартного (40 л) баллона под давлением 0,4 МПа и непосредственно соединялся с устройством подачи СОТС и специально сконструированным экранирующим соплом. Избыточное давление аргона 0,4 МПа в зоне резания соответствовало давлению сжатого воздуха при подаче СОТС при помощи компрессора, а также данная величина давления согласуется с давлением, нормируемым при аргонно-дуговой сварке обеспечивающей эффективную изоляцию зоны свариваемого шва.

Экранирующее сопло, выполненное из термостойкого пластика, обеспечивало создание, благодаря сконцентрированному потоку аргона, избыточное давление в зоне резания и тем самым полностью изолировала

как аргономаслянную смесь, направленную в зону резания, так и непосредственно зону резания.

Результаты измерения сил резания при обработке нержавеющей стали и титанового сплава в различных средах показаны на рис. 3 и 4.

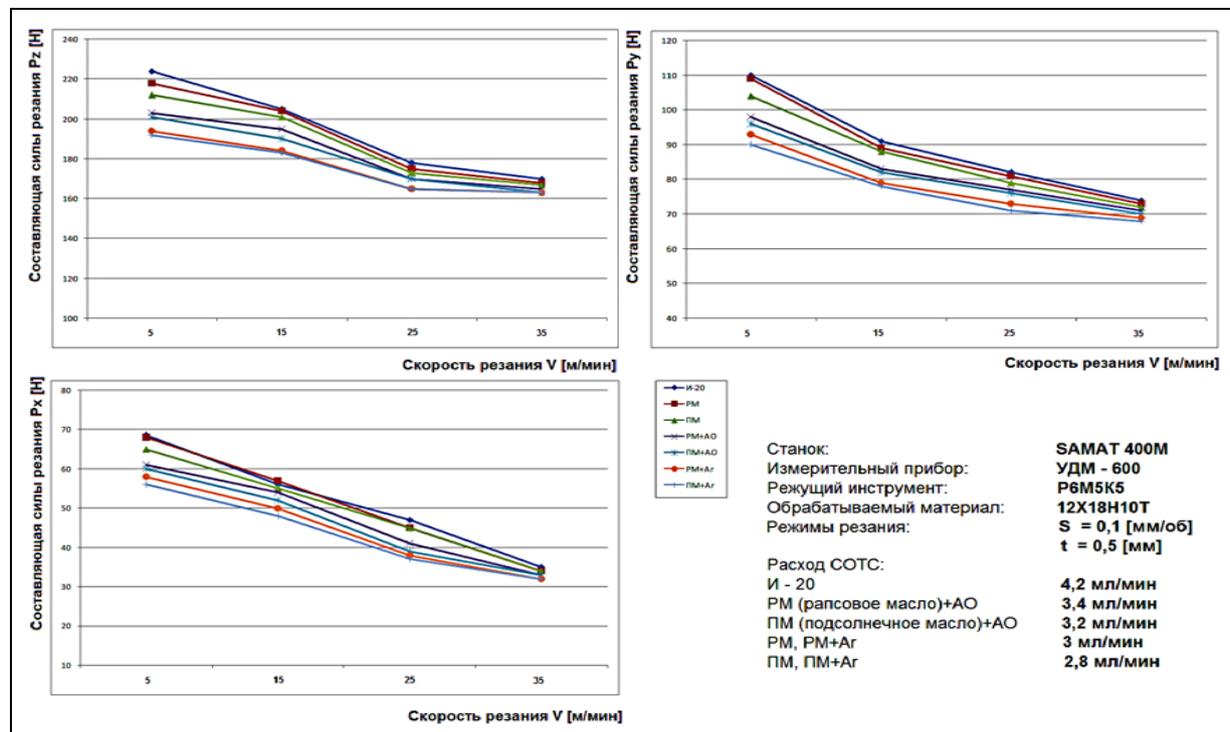


Рисунок 3 – Влияние скорости резания на составляющие силы резания в условиях подачи различных СОТС при обработке нержавеющей стали 12X18H10T

Изменение всех составляющих силы резания, происходили в диапазоне 20%. Наибольшее изменение происходило с составляющими силы резания  $F_y$  и  $F_x$  при применении модифицированных растительных масел, а также при подачи их в среде аргона. Однако и в этом случае эффект оказывается зависимым от скорости резания, значимо проявляясь при ее относительно низких значениях. Силы резания при подаче СОТС+АО значительно (на 10...15%) снижаются и практически совпадают с усилиями возникающих при обработке в среде аргона. Эффект снижения силы резания при введении АО особенно значителен (до 20%) при использовании подсолнечного масла. Это свидетельствует об эффективной пассивации обрабатываемой поверхности АО. Обращает внимание, что при обработке нержавеющей стали наибольшее снижение сил резания наблюдается в среде подсолнечного масла, а при обработке титанового сплава в среде рапсового.

При использовании аргона оксидные пленки не появляются вследствие отсутствия кислорода воздуха, в случае применения антиоксидантов действие кислорода ингибируется химическим путем. Согласно данным полученным в работах [6, 7, 9] усиления адсорбционного понижения прочности в среде ПАВ возможно путем устранения оксидных пленок и непосредственного взаимодействия ПАВ с поверхностью металла. Именно с этой причиной связано общее снижение составляющих силы резания модифицированными СОТС. Сила  $P_z$  изменяясь незначительно, все же демонстрирует некоторые изменения в области малых скоростей по причинам, как повышения пластифицирующего действия ПАВ, так и снижение сил трения по задней поверхности инструмента. Изменении всех составляющих силы резания вызвано, прежде всего, повышением проникающей способности ПАВ, за счет усиление их адсорбционной активности при взаимодействии непосредственно с чистыми (без оксидных пленок) поверхностями заготовки и инструмента. Благодаря увеличению проникающей способности СОТС достигает на малых скоростях зоны резания, чем облегчает процессы диспергирование и пластическую деформацию. Также усиление адсорбции ПАВ приводит к созданию более прочных смазочных пленок на поверхностях трения, чем и снижает силы трения.

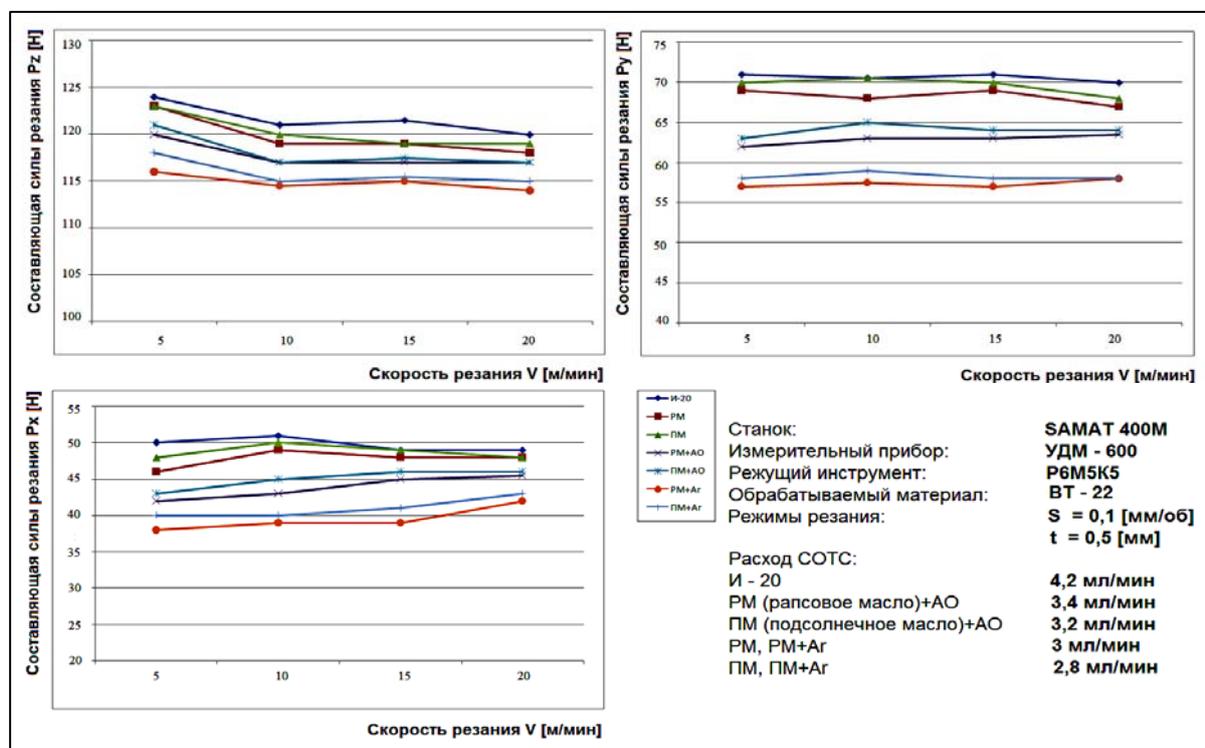


Рисунок 4 – Влияние скорости резания на составляющие силы резания в условиях подачи различных СОТС при обработке титанового сплава BT-22.

Таким образом, в результате проведенных исследований выявлено общее снижение составляющих силы резания при применении растительных масел в качестве СОТС. Однако наибольшее снижение наблюдается в среде модифицированных СОТС растительной природы и инертных газов. Данное обстоятельство открывает возможность использования АО для повышения функциональных свойств растительных масел используемых в качестве СОТС.

**Список использованных источников:** 1. *Якубов Ч.Ф.* Упрочняющее действие СОТС при обработке металлов резанием, Симферополь, 2008. 2. Рабочие процессы высоких технологий в машиностроении / под. ред. *А.И. Грабченко.* – Харьков, ХГТУ, 1999. - 436с. 3. *Binggeli M.* New ester based metalworking fluids / Einsatz in der spanenden Fertigungstechnik / University of Stuttgart, 2001. –С. 198-210. 4. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник / Под ред. *Энтеллиса С.Г., Берлинера Э.М.* – М.: Машиностроение, 1986. - 352 с. 5. *Лихтман В.И., Щукин Е.Д., Ребиндер П.А.* Адсорбционные явления в процессах деформаций и разрушения металлов.— В сб.: «Физико-химическая механика металлов». М., Изд-во АН СССР, 1962. 6. *Костецкий Б.И., Никулин Г.В.* Роль кислорода при действии добавок поверхностно-активных веществ в процессах трения, смазки и износа металлов—ДАН СССР. Т. 181. 1968, № 2. 7. *Костецкий Б.И., Островой Ю.Д.* Влияние газовых сред на действие поверхностно-активных смазок при граничном трении. – В сб.: Трение, смазка и износ деталей машин». Вып. IV. Киев. Изд-во КИГВФ, 1964. 8. *Менумеров Э.Р.* О возможности повышения эксплуатационных характеристик СОТС на основе растительных масел / Менумеров Э.Р., Якубов Ч.Ф., Аметов И.Э. // Вестник Хмельницкого национального университета. Хмельницкий, 2006. – Вып. 6. - С. 44 - 48. 9. *Шульман П.А., Колесниченко Н.Ф., Костецкий Б.И.* Влияние добавок поверхностно-активных веществ на процесс алмазного шлифования. – «Синтетические алмазы». 1966, №1. – С. 24-28.

**МИЦЫК А.В.**, Луганск, Украина,  
**ФЕДОРОВИЧ В.А.**, д-р техн. наук,  
**ФАДЕЕВ В.А.**, д-р техн. наук, Харьков, Украина

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ РАЗНОВИДНОСТЕЙ СПОСОБА ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ**

В статті викладено новий підхід до підвищення ефективності чорнових і чистових операцій вібраційної обробки. Результати досягнуті по суті за рахунок створення нових способів вібраційної обробки, одержаних комбінуванням схем енергетичних впливів на робоче середовище і оброблювані деталі.

В статье изложен новый подход к повышению эффективности черновых и чистовых операций вибрационной обработки. Результаты достигнуты по сути за счет создания новых способов вибрационной обработки, полученных комбинированием схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали.

Efficiency and technological possibilities of new varieties of method of oscillation of vibration finishing treatment is presented, different charts of the power affecting got combining working environment and workparts. The of principle charts of stand devices are resulted, the quantitative and high-quality estimation of variety of method is given.

Теоретическими и экспериментальными исследованиями в области металлообработки, проводимыми отечественными и зарубежными авторами, установлено, что определяющую роль в обеспечении эксплуатационных характеристик играет состояние поверхностного слоя, который окончательно формируется при отделочно-зачистных операциях. Микрогеометрия поверхностей деталей является одним из основных эксплуатационных параметров, определяющих надежность и долговечность изделий [1, 2].

Промышленный опыт показывает, что количество деталей машин, подвергаемых отделочно-зачистным операциям, составляет 85...95 % от их общего количества. В связи с возрастающими требованиями к качеству выпускаемых изделий есть основание полагать, что указанный процент деталей будет еще более высоким. Кроме того, операции, связанные с удалением заусенцев, скруглением острых кромок, уменьшением шероховатости поверхности на 60 % и более выполняются с применением маломеханизированного труда, что делает проблему эффективности отделочно-

зачистной обработки весьма своевременной для технического перевооружения действующих металлообрабатывающих производств [3].

На сегодняшний день промышленно распространенным способом выполнения отделочно-зачистных операций является вибрационная обработка свободной абразивной средой, помещенной с обрабатываемыми деталями в колеблющийся резервуар, где при общем циркуляционном движении за счет особенностей кинематики и динамики гранул среды и обрабатываемых деталей происходят процессы микрорезания и упругопластического деформирования, обеспечивающие удаление дефектного слоя металла и уменьшение шероховатости поверхности [4, 5].

Несмотря на широкое промышленное внедрение и тенденции к его расширению способ вибрационной обработки в своем классическом понимании, то есть существующие технологии и оборудование для их реализации, уже не всегда отвечают технологическим и экономическим требованиям развивающегося производства, действующего по рыночным законам и сориентированного на интенсивный выпуск конкурентоспособной продукции при постоянном снижении ее трудоемкости и себестоимости. Одной из причин такого положения является отсутствие, как на Украине, так и в странах ближнего зарубежья, заводов, выпускающих современное оборудование и оснастку для абразивной обработки, что несомненно подтверждает бытующее мнение об особенностях станкостроительного производства, связанных с низкой рентабельностью и малой привлекательностью для инвестиций [6].

При общей оценке вибрационная обработка представляет собой сложный комплекс механо-физико-химических явлений, оказывающих существенное влияние на состояние поверхности обрабатываемых деталей, а при определенных условиях и рабочей среды. Физическая сущность процессов микрорезания и упругопластического деформирования, сопровождающих вибрационную обработку, характеризуется комплексным воздействием на обрабатываемые детали ряда факторов, вызванных колебательным движением и наличием рабочей среды определенной характеристики.

По мнению авторов настоящей статьи, расширение технологических возможностей вибрационной отделочно-зачистной обработки может быть направлено по пути создания ее новых разновидностей, что реализуется при дальнейшем использовании физических эффектов, полученных при комбинировании различных схем энергетического воздействия на рабочую среду и детали.

Априорное изучение технологических особенностей способа вибрационной обработки, показывает, что он может служить основой для разработки и модификации целого ряда его разновидностей с новыми возможностями, полученными за счет комбинирования различных схем энергетических воздействий. Новые разновидности способа являются сочетанием различных технологий, в каждой, из которой сделана попытка использования и усиления положительных качеств, необходимых для технологического процесса вибрационной обработки. При различном сочетании энергетических воздействий на рабочую среду и детали уже сейчас создана гамма разновидностей рассматриваемого способа [5, 7].

НИЛ «Обработка свободными абразивами» ВНУ им. В. Даля уже более 30-ти лет находится на рынке новых технологий и оборудования для отделочно-зачистной обработки деталей. Среди ее последних научных предложений обращают на себя внимание новые разновидности способа вибрационной обработки, физическая сущность которых состоит в том, что обработку, состоящую в удалении дефектного слоя металла и уменьшение шероховатости поверхности, проводят при одновременном использовании энергии центробежных и вибрационных сил, воздействующих на рабочую среду, формообразующие свойства которой проявляются при создаваемом в данном случае равномерном и стабильном контакте с обрабатываемой поверхностью любой сложности.

Можно предположить, что существующие варианты комбинирования схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали обладают широкими технологическими возможностями для достижения требуемого результата обработки. Также вполне понятно, что успешному решению каждой новой разновидности вибрационной обработки должна предшествовать всесторонняя технологическая и конструкторская проработка. Однако, уже на лабораторном уровне можно судить о перспективности предлагаемых в статье вариантов, эффективное использование которых возможно на отделочно-зачистных операциях группы деталей, ранее принятых нетехнологичными для процессов классической виброобработки. К таким деталям в полной мере следует отнести мелко-, средне- и крупногабаритные корпусные с проблемной для отделочно-зачистной обработки поверхностью, образованной сочетанием цилиндрических, конусных и других криволинейных поверхностей, имеющих ниши, карманы, уступы, глухие и сквозные отверстия различного диаметра. Из группы корпусных деталей для новых разновидностей виброобработки в большей степени приемлемы те, которые имеют центральные сквозные от-

верстия, применимые для установки в специальных приспособлениях вибростанков. Следует также обратить внимание на детали типа тел вращения, а именно втулки, катушки, зубчатые колеса и другие.

Нетехнологичность выделенной группы деталей для операций виброобработки состоит в том, что традиционно используемые в существующих технологиях гранулы рабочих сред, имеющие размеры 5...30 мм не обеспечивают удаление дефектов в местах сложнопрофильных конструкций деталей, в большинстве случаев имеющих малые радиусы сопряжения, недоступные для гранул среды. Для устранения такого недостатка технологии и расширения ее возможностей согласно проектной логике было бы целесообразно уменьшить размер гранул среды и использовать при этом различные шлифпорошки и шлифзерно. Однако такая корректировка процесса обработки становится нереализуемой на промышленных вибростанках, работающих в интервале амплитуд 0,5...9,0 мм и оснащенных резервуарами, объем которых превышает 20 дм<sup>3</sup> [8]. Основной причиной тому являются высокие демпфирующие свойства мелкодисперсных рабочих сред, которые препятствуют стабильности их циркуляционного движения, обеспечивающего микрорезание и упругопластическое деформирование в процессе обработки.

В сложившейся ситуации напрашивается вывод, что кинематическая активность мелкодисперсной рабочей среды в ее циркуляции явно недостаточна и требует дополнительного осциллирующего движения, формируемого при воздействии комбинированной схемы энергетических воздействий не только вибрационных, но и центробежных сил, влияющих на мелкодисперсную рабочую среду, формообразующие свойства которой в полной мере будут проявляться при равномерном и стабильном контакте со всей обрабатываемой поверхностью любой сложности.

На рис. 1, 2 представлены принципиальные схемы экспериментальных стендовых устройств, реализующих некоторые из множества вариантов новых разновидностей способа отделочно-зачистной виброобработки.

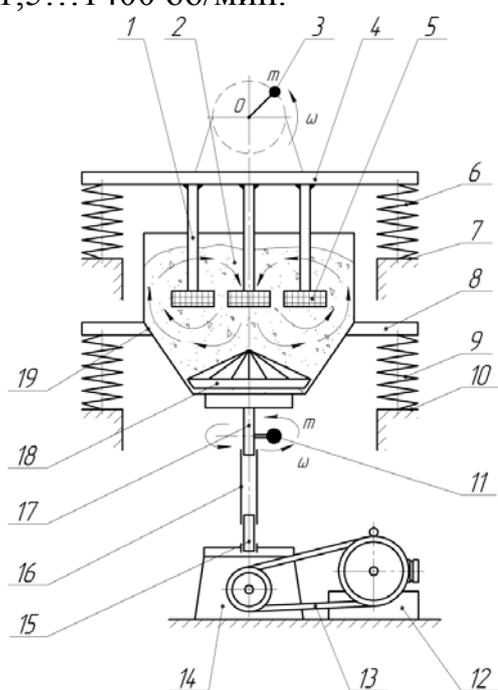
В предлагаемом аппаратурном оформлении разновидностей способа используются, как единые, универсальные технические решения, так и конструктивно различные, усиливающие ту или иную составляющую при комбинировании схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали.

Единые технические решения состоят в том, что обработку проводят в упруго смонтированном на жесткой опоре резервуаре, имеющем форму совмещенных по условной плоскости оснований полых фигур цилиндра и

усеченного конуса с большей вертикальной осью. Вращающийся импеллер в виде усеченного конуса с гофрированной поверхностью, установленный большим основанием к днищу резервуара, через вал импеллера жестко связан с инерционным вибровозбудителем, а затем последовательно через гибкую муфту с валом конического редуктора и с помощью клиноременной передачи с электродвигателем. Обрабатываемые детали поотдельности или пакетами устанавливаются на расположенных по концентрическим окружностям установочных пальцев многоместного приспособления.

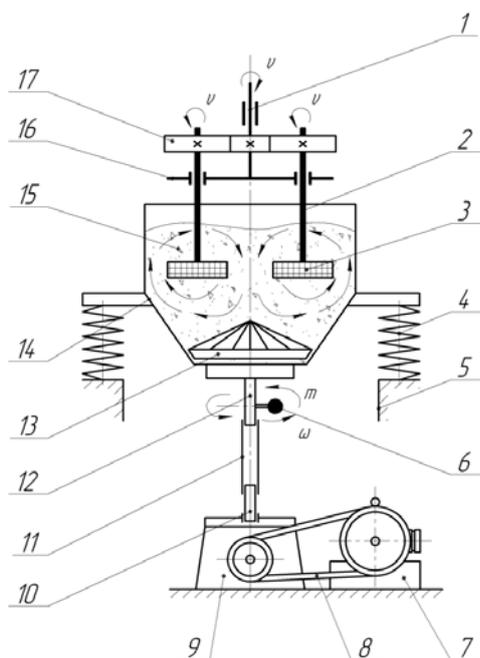
Конструктивно различные технические решения представленных разновидностей способа вибрационной отделочно-зачистной обработки, состоят в том, что в одной из них (рис. 1) усилено воздействие энергии вибрационных сил и погружаемое в резервуар приспособление с деталями, упруго смонтировано на жесткой опоре и связано с инерционным вибровозбудителем, сообщаящим как приспособлению, так и деталям независимые колебательные движения.

Во второй разновидности способа вибрационной обработки (рис. 2) многоместное приспособление для установки обрабатываемых деталей связано с вертикальным шпиндельным устройством вибростанка передачи двухпарного зацепления цилиндрических зубчатых колес, что дает возможность усилить энергию воздействия центробежных сил. При этом вращательное движение шпиндельного устройства происходит со скоростью 31,5...1400 об/мин.



- 1 – установочные пальцы;
- 2 – рабочая среда;
- 3, 11 – вибровозбудители;
- 4, 8 – колебательные системы;
- 5 – обрабатываемые детали;
- 6, 9 – упругие подвески;
- 7, 10 – жесткие опоры;
- 12 – электродвигатель;
- 13 – клиноременная передача;
- 14 – конический редуктор;
- 15, 17 – валы;
- 18 – импеллер;
- 19 – резервуар

Рисунок 1 – Схема разновидности способа вибрационной обработки с усилением энергии воздействия вибрационных сил



- 1 – шпиндельное устройство;
- 2 – установочные пальцы;
- 3 – обрабатываемые детали;
- 4 – упругая подвеска;
- 5 – жесткая опора;
- 6 – вибровозбудитель;
- 7 – электродвигатель;
- 8 – клиноременная передача;
- 9 – конический редуктор;
- 10, 12 – валы;
- 13 – импеллер;
- 14 – резервуар;
- 15 – рабочая среда;
- 16 – многоместное приспособление;
- 17 – зубчатая передача

Рисунок 2 – Схема разновидности способа вибрационной обработки с усилением энергии воздействия центробежных сил

Обобщенно оценивая две, рассмотренные выше, новые разновидности способа вибрационной отделочно-зачистной обработки, можно констатировать, что их реализация сопровождается одновременным воздействием на рабочую среду и обрабатываемые детали энергии вибрационных и центробежных сил. При этом в резервуаре вибростанка формируется общий циркуляционный и осциллирующий характер движения рабочей среды, свободно проникающий ко всем труднодоступным поверхностям деталей, что приводит к высокой интенсивности их обработки, управление которой осуществляют при выборе рациональных значений амплитудно-частотных параметров колебательного движения резервуара и многоместного приспособления с обрабатываемыми деталями, а также скоростей вращательного движения импеллера и шпинделя вибростанка.

Экспериментальные исследования, проведенные для получения количественной и качественной оценки новых разновидностей способа вибрационной обработки позволили установить общие условия, сопровождающие эффективное протекание процесса обработки, которые состоят в том, что наименьшее расстояние  $L$  между рабочей поверхностью резервуара и импеллера, а также поверхностью обрабатываемых деталей, для обеспечения неразрывного вращательного и колебательного движения среды, выбирается из условия  $L \geq b$ , где  $b$  – наибольший габаритный размер обрабатываемой детали, высота  $H$  резервуара из условия обеспечения равномерности давления среды во всех его зонах примерно равна  $3R + h$ , то есть  $H \approx 3R + h$ , радиус  $R$  цилиндрической части резервуара принимается равным  $(1,5...1,6)r$ , то есть  $R \approx (1,5...1,6)r$ , где  $r$  – радиус основания резер-

вуара, высота  $h$  импеллера с целью регулирования силы взаимодействия рабочей среды и обрабатываемых деталей принимается равной  $(0,1...0,2)H$ , то есть  $h = (0,1...0,2)H$ .

Возвращаясь к оценке эффективности новых разновидностей способа вибрационной обработки, полученных комбинированием схем энергетического воздействия, можно отметить, что при экспериментальном шлифовании образцов – деталей (табл. 1) позволили установить, что интенсивность по удельному съему металла для разновидности способа с усиленным влиянием энергии вибрационных сил, при прочих равных условиях опыта, в 1,2...1,3 раза превышает интенсивность шлифования для разновидности способа, в котором преобладает влияние энергии центробежных сил. Такие результаты позволяют считать данный процесс более приемлемым для черновых операций вибрационной обработки, связанных с повышенным съемом металла и сравнительно большой шероховатостью поверхности.

Качественная оценка разновидностей способа показывает, что усиление влияния энергии центробежных сил обеспечивает сравнительно малую шероховатость поверхности и несколько пониженный съем металла, в сравнении с рассмотренной выше разновидностью способа, что целесообразно для чистовых операций вибрационной обработки.

Таблица 1 – Результаты экспериментального шлифования образцов – деталей

Материал	Классическая технология виброобработки		Технология с усилением вибрационной составляющей		Технология с усилением центробежной составляющей	
	$Q_{cp}$ , мг/ч·см <sup>2</sup>	$R_a$ , мкм	$Q_{cp}$ , мг/ч·см <sup>2</sup>	$R_a$ , мкм	$Q_{cp}$ , мг/ч·см <sup>2</sup>	$R_a$ , мкм
Сталь 45 ГОСТ 1050-88	1,3276	2,5...1,25	3,0535	1,25...0,63	2,5235	0,63...0,32
АЛ 9 ГОСТ 1583-93	2,3632		4,9586		4,1321	
ЛС 59 ГОСТ 2060-90	6,4112		13,4635		10,7708	

Касаясь физической сущности новых разновидностей способа вибрационной обработки можно отметить, что основные затраты энергии в рассматриваемых технологиях приходятся на работу пластической деформации. Однако при больших значениях коэффициента трения, возникающих в движении содержимого резервуара при высокой режущей способности гранул рабочей среды, работа сил трения соизмерима с работой пластической деформации. Из этого следует, что съем металла в рассматриваемых разновидностях способа виброобработки осуществляется как за

счет процесса микрорезания, так и за счет усталостного разрушения вследствие пластического передеформирования металла обрабатываемых деталей. Долевое участие каждого из процессов в съеме металла и формировании поверхностного слоя зависит от материала детали, режущих свойств материала гранул среды, а также параметров вибрационного и центробежного воздействия на рабочую среду и обрабатываемые детали.

Таким образом, в настоящей статье изложен новый подход к повышению эффективности, как черновых операций вибрационной обработки, лимитированных производительностью, так и чистовых операций, лимитированных качеством обработки поверхности. Результаты достигнуты по сути за счет создания новых способов вибрационной обработки, полученных комбинированием схем энергетических воздействий на рабочую среду и обрабатываемые детали.

Для дальнейших исследований, связанных с интенсификацией процесса вибрационной обработки и создания ее новых разновидностей, представляет интерес рассмотрение кинематики и динамики рабочих сред под влиянием комбинированного воздействия низкочастотных колебаний с повышенной приходящей способностью в рабочие среды с различными физико-механическими свойствами, а также ультразвуковых колебаний, отличающихся высокой интенсивностью в резервуарах с различными объемами. Технологический эффект комбинированного воздействия колебаний с различными характеристиками может быть использован при создании новых процессов отделочно-зачистной обработки и вибростанков нового поколения.

**Список использованной литературы:** 1. Мельникова Е.П. Обеспечение заданного качества поверхности при финишных методах обработки / Е.П. Мельникова // Вестник ДГТУ. – 2002. – Т. 2, № 4 (14). – С. 370 – 376. 2. Gillespie, LaRoux, Deburring and Edge Finishing Handbook, SME, Dearborn, MI, 1999. 3. Мицык А.В. Повышение эффективности обработки крупногабаритных плоскостных изделий активизацией движения рабочей среды в колеблющихся «U» – образных контейнерах: дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01 / Мицык Андрей Владимирович. – Харьков, 2008. – 331 с. 4. Обработка деталей свободными абразивами в вибрирующих резервуарах / [Карташов И.Н., Шаинский М.Е., Власов В.А. и др.]; под ред. И.Н. Карташова. – К.: Вища школа, 1975. – 188 с. 5. Применение вибрационных технологий на операциях отделочно-зачистной обработки деталей (очистка, мойка, удаление облоя и заусенцев, обработка кромок) / [Бабичев А.П., Мотренко П.Д., Гиллеспи Л. и др.]; под ред. А.П. Бабичева. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2010. – 289 с. 6. Зубарев Ю.М. Современное оборудование, инструмент и технологии абразивной обработки заготовок / Ю.М. Зубарев, З.И. Кремень // Инструмент и технологии. – 2011. – № 3 (33). – С. 15 – 21. 7. Смоленцев Е.В. Классификация комбинированных методов обработки / Е.В. Смоленцев // Вестник ДГТУ. – 2010. – Т. 10, № 1 (44). – С. 76 – 79. 8. Наладка и эксплуатация станков для вибрационной обработки / [Бабичев А.П., Рысева Т.Н., Самодуров В.А. и др.]; под ред. А.П. Бабичева. – М.: Машиностроение, 1988. – 64 с.

# ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.9.026

*Д. У. АБДУЛГАЗИС, У.А. АБДУЛГАЗИС* д-р техн. наук,  
*Э. Э. ЯГЪЯЕВ* канд. техн. наук,  
*Ч. Ф. ЯКУБОВ* канд. техн. наук, Симферополь, Украина

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДА В КАЧЕСТВЕ ЭНДОТЕРМИЧЕСКОЙ АНТИФРИКЦИОННОЙ ПРИСАДКИ К МАСЛЯНЫМ СОТС

Обґрунтовується можливість підвищення охолоджувальної і мастильної здатності масляних СОТС при обробці металів різанням, шляхом використання активованого нанорозмірного вуглецю в якості модифікуючої присадки. Очікується поліпшення теплообміну в зоні різання і механічних характеристик різального інструменту.

Обосновывается возможность повышения охлаждающей и смазывающей способности масляных СОТС при обработке металлов резанием, путем использования активированного наноразмерного углерода в качестве модифицирующей присадки. Ожидается улучшение теплообмена в зоне резания и механических характеристик режущего инструмента.

The possibility of improving the cooling and lubricity of the oil coolants in metal cutting, through the use of activated nano-sized carbon as the modifying additive. Expected to improve heat transfer in the cutting zone and the mechanical characteristics of the cutting tool.

**Введение.** Наиболее распространенным способом отвода избыточного тепла из зоны резания является простое обмывание жидким (вода, растительное или минеральное масло) или газообразным (воздух, охлажденные инертные газы) охладителем, путем отвода тепла по классическим схемам физического процесса теплообмена и теплопередачи. Количественный эффект отвода тепла из зоны резания определяется в данном случае величиной теплоемкости воды, масла или воздуха и скоростью обтекания (временем пребывания в зоне резания) единичной порции охлаждающего материала. В общем виде динамика теплового потока при этом складывается из отбора тепла охладителем, как со стороны обрабатываемой детали, так и со стороны резца практически в равной мере. То есть, со стороны резца теплоотводящая способность охладителя используется только наполовину, поскольку вторая часть отбирается от обрабатываемой детали. С практической же точки зрения наибольшее значение имеет отвод тепла именно от

режущего инструмента, поскольку последний находится под постоянным воздействием квазистатического теплового потока и, одновременно, значительных динамических и субстатических механических напряжений в течение всего процесса резания. Обрабатываемая же деталь при этом характеризуется постоянным смещением зоны резания на участки с более низкой температурой и последующим рассеиванием тепла в окружающее пространство.

Другой особенностью традиционных способов охлаждения зоны резания, особенно жидкостью, воздухом или газами, является весьма короткое время контакта охладителя с зоной резания, составляющее доли секунды. За столь малый промежуток времени охладитель проявляет лишь незначительную часть своего потенциала теплоемкости. Это обстоятельство вынуждает резко увеличивать расход СОТС для приемлемого уровня отвода тепла из зоны резания, что в свою очередь существенно снижает эффективность и экономику процесса. При этом ухудшаются промсанитария и более активно проявляются коррозионные явления технологического оборудования.

В работах [1, 2, 3] для повышения теплоотводящей способности масляных СОТС предложено введение присадок обладающих энергоемким эндотермическим эффектом. Эндотермический эффект при этом вызывается дегидротацией кристаллогидратов (солей). Подобрана наиболее приемлемая кристаллогидратная присадка. Подобраны режимы сверления, при которых наиболее выражено проявляется эндотермический эффект. Рассмотрены особенности подачи к режущим кромкам сверла масляных СОТС с присадками обеспечивающими эндотермический эффект [4].

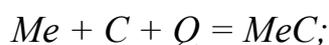
**Цель статьи** – концептуально показать возможность повышения охлаждающей и смазывающей способности масляных СОТС, при обработке металлов резанием, путем использования в качестве присадки активированного наноразмерного углерода.

**Изложение основного материала.** Изменить ситуацию в зоне резания к лучшему может использование в качестве присадки к масляной СОТС активированного наноразмерного углерода (угля), который:

- обладает активными восстановительными свойствами, предотвращая развитие окислительной гидроксидной и поляризационной коррозии на ювенильной поверхности металла и режущего инструмента, активно отбирая кислород от водорода и окисленного металла;
- находясь в формирующейся зоне разрыва кристаллической решетки металла с высоким теплоэнергетическим потенциалом и зоне последующего перехода в область проявления трибомеханических и механо-

химических процессов, углерод, не ухудшая смазывающую способность масла (СОТС), закрывает собой некомпенсированные связи решетки новообразованной поверхности. При этом снижается и степень термохимической и механохимической деструкции самого масла в контактной высоконагретой зоне;

- сам углерод обладает на порядок более высокой теплопроводностью (1,59 Вт/м·К) при более низкой массовой теплоемкости в сравнении с масляным СОТС и не снижает смазывающую способность последнего.
- под действием притока тепловой энергии в зоне углерод способен карбонизировать металлы с образованием карбидо-подобных наноструктурных слоев на ювенильной поверхности, забирающих на себя значительную часть тепловой энергии процесса резания металла по схеме:



Формированию карбидоподобных структур, на наш взгляд, благоприятствует возникновение при резании металлов, т.е. при разрушении кристаллической решетки, ювенильной поверхности с обилием некомпенсированных связей и их высокой реакционной способностью. В условиях возникновения при трении металлов точечных моментов с экстремальным давлением, углерод, оказавшийся между двумя активированными металлическими поверхностями способен проникать в дефекты кристаллической решетки металлов, образуя металлоподобные соединения с особой структурой [5].

Широко известно, что металлоподобные карбиды используются для упрочнения чугуна и стали (карбиды железа, хрома, вольфрама, молибдена), а также для производства очень твердых сплавов, которые применяют для обработки металлов резанием (карбиды WC, TiC, VC, Cr<sub>3</sub>C<sub>2</sub>). Очень важную роль играет карбид железа Fe<sub>3</sub>C (цементит) – твердые кристаллы, входящие в структуру чугуна и стали. В периодической системе, в пределах системной группы, температуры плавления карбидов возрастают с увеличением порядкового номера металла и обычно в 1,5-2 раза выше, чем температура плавления соответствующих металлов. Это обусловлено высокой прочностью связи Me-C. При этом металлоподобные карбиды обладают металлической теплопроводностью.

Таким образом, присутствие углерода в зоне резания может играть существенную роль в перераспределении тепловых потоков, сохранении структуры и состава масляной СОТС, а так же может способствовать упрочнению поверхности резца и обрабатываемой детали.

Углерод в процессах резания металлов, в составе масляной СОТС, может быть использован в виде графитовой модификации или в форме ак-

тивированного угля, радикально отличающихся друг от друга по своим термодинамическим и физико-химическим свойствам.

Графит широко используется в различных областях промышленности. В машиностроении графит используется в качестве добавки к смазочным материалам, в том числе к высоковязким и пластичным смазкам с добавлением графита. Но наиболее близким к рассматриваемым в статье проблемам, является его применение в качестве антифрикционного наполнителя консистентных смазок для смазывания цепей, канатов. Для притирки механических деталей используют масляный коллоидно-графитовый препарат в качестве присадки к моторным и трансмиссионным маслам автомобилей и тракторов. Особые преимущества дает использование присадки в зимних условиях, когда она существенно облегчает запуск двигателей. Графитную смазку изготавливают путем сгущения нефтяного масла кальциевым мылом и графитом.

Исключительные антифрикционные свойства графита обусловлены легкостью скольжения одного углеродного слоя относительно другого под действием малых сдвиговых напряжений в направлении базисных плоскостей. Коэффициент трения графита по металлам (для рабочих скоростей до 10 м/с) составляет 0,03-0,05. Для пирографита под действием напряжений в направлении, перпендикулярном базисным плоскостям, он составляет 0,4-0,5. Характерной особенностью искусственно полученного графита является его пористость (от 2-3% для пирографита до 80-85% для других видов графита), оказывающая существенное влияние практически на все свойства графита [6]. Последняя особенность графита - пористость может быть использована для получения модификаций углерода, в которых поры принудительно заполняются компонентами (например, вода и т.п.), обладающими высокими значениями теплоемкости и теплопроводности.

Для монокристаллов графита отношение значений теплопроводности в направлениях, параллельном и перпендикулярном базисным плоскостям (коэффициент анизотропии –  $\kappa$ ), может достигать 5 и более.

Наибольшей теплопроводностью (большей, чем у Cu) обладает рекристаллизованный графит с добавками карбидов Ti, Zr и др. Теплопроводность искусственно полученного поликристаллического графита сильно зависит от его плотности.

Графит обладает высокими значениями теплопроводности, которая равняется 3,55 Вт·град/см и занимает место между палладием и платиной. Коэффициент теплопроводности 0,041. Следует отметить, что у тонких графитовых нитей теплопроводность выше, чем у медных.

Внутри слоя связи между атомами ковалентные, образованы  $sp^2$ -гибридными орбиталями. Взаимодействие между слоями осуществляются ван-дер-ваальсовыми силами. Для природного графита межслоевое расстояние при нормальных условиях равно 0,3354 нм. Энергия связи между

слоями гексагонального графита составляет 16,75 Дж/моль (15°C), 15,1 Дж/моль (-134,15°C). Энергия связи С–С в слое 167,6 Дж/моль (1118°C).

Кристаллы графита пластинчатые, чешуйчатые. Образует листоватые и округлые радиально-лучистые агрегаты. Обладает низкой твердостью (1–2 по шкале Мооса) и плотностью 2,08–2,23 г/см<sup>3</sup> – неплавкий, весьма устойчив при нагревании в отсутствии воздуха, – жирный (скользкий) на ощупь. Природный графит содержит 10–12 % примесей глины и окислов железа. При трении расслаивается на отдельные чешуйки, что весьма положительно сказывается на его поведении в зоне резания и трения.

Наибольший интерес с точки зрения использования в качестве присадок к масляным СОТС представляют обожженные антифрикционные углеродные материалы, изготавливаемые из непрокаленного нефтяного кокса, каменноугольного пека с добавкой природного графита. Для получения плотного непроницаемого антифрикционного материала применяют пропитку его металлами. Таким методом получают антифрикционные материалы марок АГ-1500 83, АГ-1500СО5 АМГ-600Б83, АМГ-600СО5 и им подобные. Допустимая рабочая температура на воздухе и в газовых средах, содержащих кислород для АО – 250-300 °С, для АГ – 300 °С (в восстановительных и нейтральных средах 1500 и 2500 °С соответственно). Углеродные антифрикционные материалы химически стойки во многих агрессивных газовых и жидких средах.

Таблица 1 – Термодинамические и физические параметры графита [7]

Характеристика	Значение
Теплоемкость при постоянном давлении при 298,15 К, $C_p^o$	8,54 Дж/(моль·К)
Уравнение температурной зависимости, в пределах 288–4130°К	$C_p^o = a + bT - cT^2 - dT^3 - eT^5$
Энтальпия плавления, $\Delta H_{пл}^0$	104 кДж/(моль·К)
Энтальпия сгорания, $\Delta H_{сгор}^0$	395 кДж/(моль·К)
Энтальпия возгонки, $\Delta H_{возг}^0$	716,67 кДж/(моль·К)
Энтропия при 298,15°К	5,74 Дж/(моль·К)
Параметры уравнения температурной зависимости	$a=4,824$ $b=28,627*10^{-3}$ $c=3,250*10^5$ $d=13,712*10^{-6}$ $e=2,276*10^{-9}$
Теплопроводность в направлении базисных плоскостей пирографит ( $k=100-800$ )	475 – 2435 Вт/(м·К)

Активированный уголь (активный уголь, «карболен»), хотя также как и графит состоит из углерода, но характеризуется совершенно отличными от него свойствами. Скелет активированного угля состоит из непре-

вильно упакованных пачек из сеток шестичленных углеродных колец, менее упорядоченных, чем в графите, и ковалентно связанных с углеродными радикалами, с водородом, а также и с кислородом. Это зерненное и порошкообразное пористое углеродное вещество, которое получают из различных углеродсодержащих материалов органического происхождения: древесный уголь (марки активированного угля БАУ-А, ОУ-А, ДАК и др.), каменноугольный кокс (марки активированного угля АГ-3, АГ-5, АР и др.), нефтяной кокс, кокосовый уголь и др. Содержит огромное количество пор и поэтому имеет очень большую удельную поверхность на единицу массы, вследствие чего обладает высокой адсорбцией (1 грамм активированного угля в зависимости от технологии изготовления имеет удельную поверхность от 500 до 1500 м<sup>2</sup>).

По своим структурным характеристикам активные угли относятся к группе микрокристаллических разновидностей углерода – это графитовые кристаллиты, состоящие из плоскостей протяженностью 2-3 нм, которые в свою очередь образованы гексагональными кольцами. Однако типичная для графита ориентация отдельных плоскостей решетки относительно друг друга в активных углях нарушена – слои беспорядочно сдвинуты и не совпадают в направлении, перпендикулярном их плоскости. Кроме графитовых кристаллитов активные угли содержат от одной до двух третей аморфного углерода, а также и гетероатомы.

По нашей оценке функциональная роль активированного угля может быть направлена как на нейтрализацию активированных центров ювенильных поверхностей резца и обрабатываемой детали, в зоне резания так и связывания химически активных ионизированных гидроксидных групп и концевых углеводородных радикалов, деструктурированных под действием высокого термополя и трибоэффектов.

**Список использованных источников:** 1. Абдулгасис Д.У. Об одной возможности снижения температуры на лезвии резца / Д.У. Абдулгасис, Г.П. Подзноев // Высокие технологии в машиностроении: Збірник наукових праць НТУ “ХПИ”, Харків. 2004. – Вип. 1 (8) – С 3–7. 2. Абдулгасис Д.У. Использование эндотермического эффекта дегидратации кристаллогидратов для повышения теплоотводящей способности СОТС на основе растительных масел // Високі технології в машинобудуванні: Збірник наукових праць НТУ “ХПИ”. – 2005. – Вип. 2 (11) – С. 3 – 8. 3. Абдулгасис Д.У. Композиционные СОТС на основе растительных масел для операций сверления / Д.У. Абдулгасис // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ “ХПИ” 2007. – Вып.73. – С. 3–8. 4. Абдулгасис Д. У. Особенности подачи к режущим кромкам сверла масляных СОТС с присадками обеспечивающими эндотермический эффект / Д.У. Абдулгасис // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч. – техн. сб. – Харьков: НТУ “ХПИ”, 2010. – Вып.78. – С 3–6. 5. Карбиды – соединения металлов и неметаллов с углеродом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.uglerod.info/karbit.php](http://www.uglerod.info/karbit.php). 6. Графит. Справочный материал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.nanoscopy.org/tutorial/graphite/graphite.html](http://www.nanoscopy.org/tutorial/graphite/graphite.html). 7. Химическая энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.xumuk.ru/encyklopedia](http://www.xumuk.ru/encyklopedia).

*И.Д. АБДУЛКЕРИМОВ*, Симферополь, Украина

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОСТИ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ДЕТАЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПОВЕРХНОСТНО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ**

Підвищення якості поверхні глухих отворів у литих деталях пневмоапаратура виготовленої з алюмінієвих сплавів, методами поверхнево пластичного деформування. Представлений деформуючий інструмент та режими обробки, стенд для перевірки на герметичність, а також алгоритм обробки і результати.

Повышение качества поверхности глухих отверстий в литых деталях пневмоапаратуры изготовленной из алюминиевых сплавов, методами поверхностно пластического деформирования. Представлен деформирующий инструмент и режимы обработки, стенд для проверки на герметичность, а также алгоритм обработки и результаты.

Improving the quality of the surface of blind holes in cast parts pneumatic equipment made from aluminum alloys, methods of surface plastic deformation. Submitted by deforming tool and processing modes, stand to check for leaks, as well as processing algorithms and results.

*Постановка проблемы и ее связь с научно-практическими задачами.*

С целью повышения технологичности деталей при изготовлении пневмоапаратуры используют литье под давлением. Однако, повышенная газоусадочная пористость отливок является причиной возникновения негерметичности деталей пневмоапаратуры, работающей под давлением до 1МПа. [1]

В промышленности на различных предприятиях в технологических процессах обеспечение герметичности литых деталей выполняется методом пропитки в вакууме и применением различных герметиков. Но, вследствие влияния линейных и объемных температурных расширений на изделие в процессе эксплуатации, эти методы не обеспечивают получения герметичных разъемных соединений.

Технологический переход вакуумирования при литье под давлением не устраняет полностью газо-усадочную пористость.[2] Не представляется также возможным с помощью технологических приемов удалить воздух с пресс формы и газы, возникающие от сгорания смазки.

Следовательно, или в процессе формирования резьбы, или предварительно перед ним необходимо «закрывать» эти поры и изолировать их друг

от друга. Одним из приемов технологического процесса может являться применение деформирующего инструмента.

Анализ литературных источников показал возможность получения резьбы данным методом, но прочных материалов не склонных к охрупчиванию и растрескиванию в процессе деформирования. [3]

В связи с этим для получения плотного безпористого поверхностного слоя возникает необходимость разработки технологии обеспечения герметичности резьбовых соединений при изготовлении деталей из материалов с газо-усадочной пористостью на основе разработки технологии включающую в себя деформирующий инструмент.

*Научная новизна* заключается в том, что:

- предложен новый технологический процесс в обеспечении герметичности резьбовых соединений при изготовлении деталей из материалов с газо-усадочной пористостью;
- на основе исследования процесса поверхностно пластического деформирования впервые разработана модель, позволяющая определить геометрические параметры деформирующего инструмента и режимы его работы;
- на основе экспериментального определения структуры поверхностного слоя в отливках из сплава АК12М2, полученных методом литья под давлением, установлены параметры деформирующего инструмента для обработки глухих отверстий.
- получены результаты исследования закономерностей процесса деформирования глухих отверстий.

*Цель исследования.* Разработка технологии изготовления герметичных резьбовых соединений при изготовлении деталей из материалов с газо-усадочной пористостью на основе применения поверхностно пластического деформирования.

Для достижения поставленной цели решены следующие задачи:

- проведен анализ методов получения герметичных разъемных соединений;
- создана расчетная модель поверхностно пластического деформирования сплава АК12М2 полученного литьем под давлением;
- аналитически определены параметры деформирующего инструмента и режимы обработки;
- на основе модели скорректированы параметры деформирующего инструмента и режимов обработки;

- на основе теоретических и экспериментальных результатов создан деформирующий инструмент, способствующий повышению качества поверхности резьбовых соединений в глухих отверстиях деталей из сплава АК12М2, полученных методом литья под давлением;

- экспериментально установлено влияние конструктивных особенностей деформирующего инструмента на обеспечение герметичности соединения;

- разработан алгоритм выбора технологии обработки;

- проведены испытания деформирующего инструмента и его внедрение в производство.

Вследствие для исследования закономерностей механики ППД литых алюминиевых сплавов предложена следующая методика: ППД осуществляется по наружной поверхности цилиндрической литой заготовки (рис. 1) [4,5].

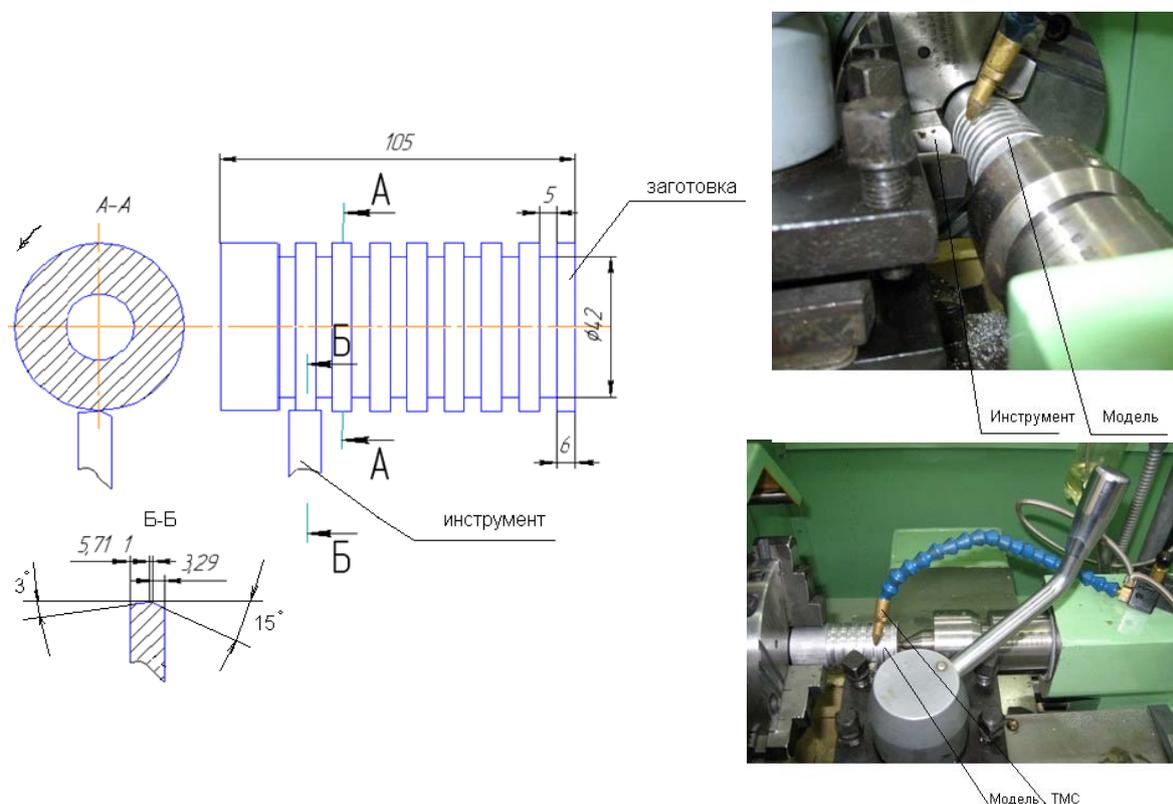


Рисунок 1 – Модель исследования закономерностей механики ППД, литых алюминиевых сплавов

Для заготовки заготовок с плотностью  $\rho=2.664 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho=2.685 \text{ г/см}^3$ ,  $\rho=2.735 \text{ г/см}^3$  и инструментом с углом деформации  $4^\circ, 5^\circ, 8^\circ$  при скоростях деформации  $\xi=3,77 \text{ м/мин}$ ,  $\xi=4,75 \text{ м/мин}$  и поперечной подаче

$S_p=0,05$  мм/об. Мы получили самую качественную поверхность ( $R_a 0.65$ ) после 12-14 циклов деформации.

Это говорит о том, что скорость деформации при поверхностно пластическом деформировании влияет не так значительно на качество поверхности модели из алюминиевого сплава, как количество циклов и угол деформации. На основании проведенных опытов и анализа их результатов был спроектирован деформирующий инструмент (рис.2) для глухих отверстий в отливках из алюминиевого сплава.

Созданный инструмент состоит из хвостовика и деформирующей части, которая в свою очередь имеет четыре деформирующих пера, угол наклона этих деформирующих частей составляет от 3 до 7 градусов у деформирующей части есть заборная ( $d_z$ ), деформирующая ( $d_{cp}$ ), калибрующая ( $d_{cp,0.5}$ ) и для обратного выхода инструмента из детали обратный конус [6]. Инструмент, сделан из инструментальной стали P6M5K5. Твердость инструмента 55-60 HRC.

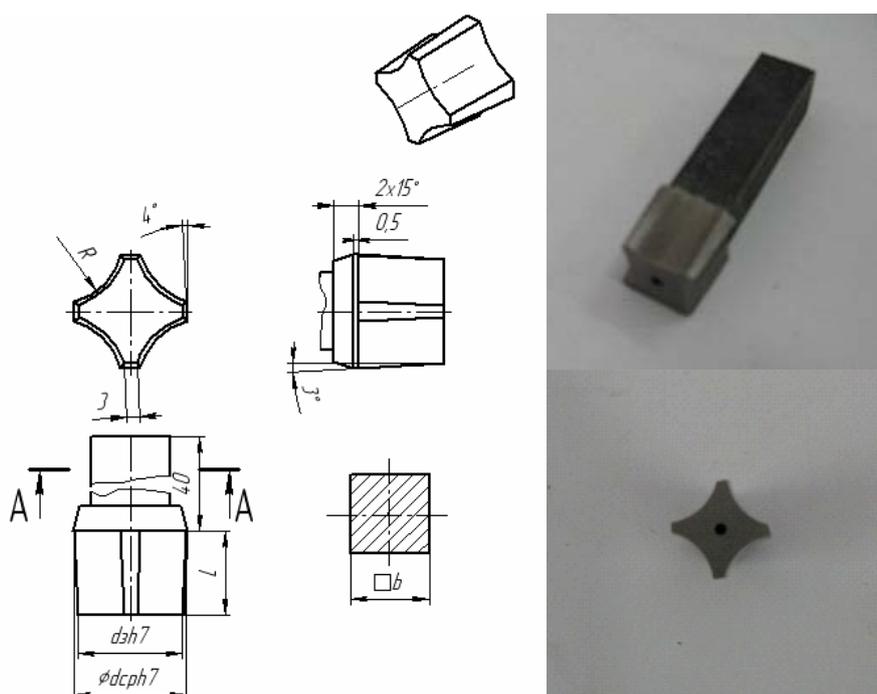


Рисунок 2 – Деформирующий инструмент для глухих отверстий

Определены параметры и режимы работы инструмента для обработки глухих отверстий, а именно:

$L_u$  – длина рабочей части инструмента рассчитывается в зависимости от подачи из соотношения:

$$L_u = N_{обх} S \quad (1)$$

где

$$N_{об} = N_{цикл} / N_{пер} \quad (2)$$

$N_{пер}$  – число рабочих перьев инструмента;  $N_{цикл}$  – число циклов, необходимых для получения качественной поверхности;  $N_{об}$  – число оборотов инструмента, при котором будет обеспечено необходимое  $N_{цикл}$  при заданных  $N_{пер}$  (3-4)

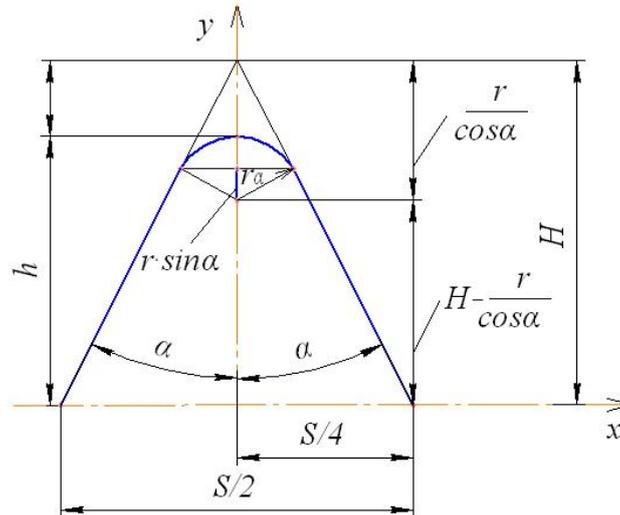


Рисунок 3 – Схема для расчета среднего диаметра отверстия под резьбу

Калибрующая  $d_{cp}$  определяется из схемы для расчета диаметра под резьбу  $d_n$  (рис.3.) [7]

$$D_{cp} = d_n \quad (3)$$

где

$$d_n = 2r = \frac{S/4 \tan^{-1}(\alpha) - h}{\cos \alpha - 1} \quad (4)$$

На основании полученных данных была предложена новая методика получения резьбовых соединений в глухих отверстиях корпусных деталей с газо-усадочной пористостью в частности из сплава АК12М2, которая заключается в том, что после механической обработки, а именно операции сверление и зенкерование, применяется поверхностно пластическая обработка деформирующим инструментом.

С целью разработки технологии изготовления герметичных резьбовых соединений при изготовлении деталей из материалов с газо-усадочной пористостью предложен алгоритм (Рис.4). В результате обработки с помощью новой методики получения резьбовых соединений в корпусных деталях из сплава АК12М2, и проверке на герметичность на стенде для изделия ПКР16 (рис.5) на заводе ЧАО «Пневматика», получили следующие данные (рис.6).

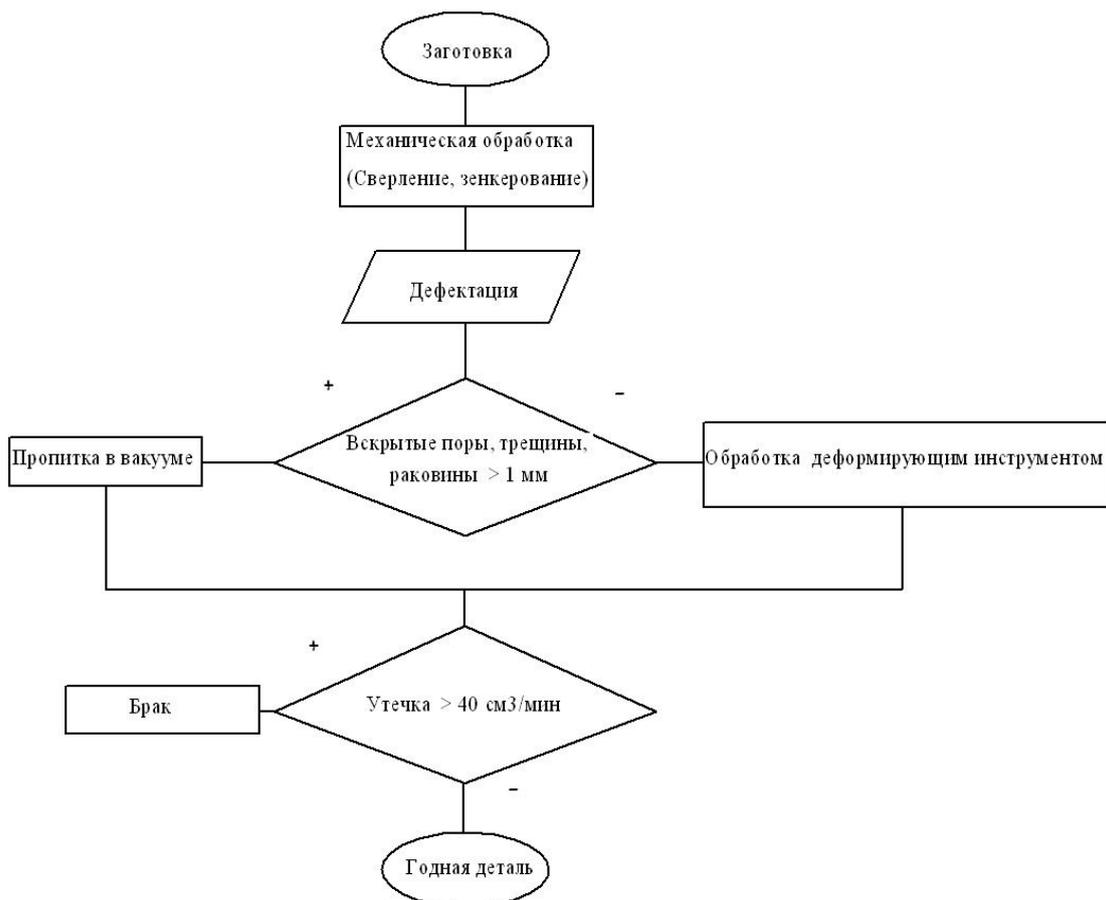


Рисунок – Алгоритм выбора технологии обработки



Рабочая зона

Рисунок 5 – Стенд для проверки на герметичность ПКР16

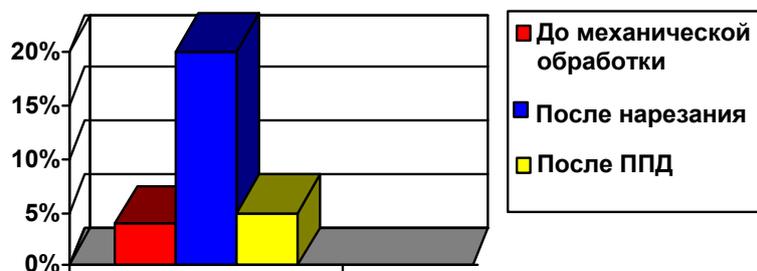


Рисунок 6 – Количество негерметичных деталей в зависимости от вида обработки

#### Выводы:

1. Предложен новый технологический процесс в обеспечении герметичности резьбовых соединений при изготовлении деталей из материалов с газо-усадочной пористостью;
2. На основе исследования процесса поверхностно пластического деформирования впервые разработана расчетная модель, позволяющая определить геометрические параметры деформирующего инструмента и режимы его работы;
3. На основе экспериментального определения структуры поверхностного слоя в отливках из сплава АК12М2, полученных методом литья под давлением, получены результаты исследования закономерностей процесса деформирования глухих отверстий;
4. Выбран алгоритм при изготовлении деталей из материалов с газо-усадочной пористостью.
5. Результаты внедрены на ОАО "Пневматика" (г. Симферополь).

**Список использованных источников:** 1. *Абдулкеримов И.Д. Падерин В.Н.* Повышение герметичности литых деталей пневмоаппаратуры изготовленных из алюминиевых сплавов с помощью бесстружечных метчиков» Международный научно-технический сборник ВАК «Резание и инструмент в технологических системах», НТУ «ХПИ» (г. Харьков), выпуск 74, 2008, с.3-6. 2. *Абдулкеримов И.Д. Падерин В.Н.* Расчет предполагаемого объема пористости и неметаллических включений при проектировании отливок, получаемых литьем под давлением, и их влияние на негерметичность. Ученые записки Крымского инженерно – педагогического университета. Выпуск 16. Технические науки. – Симферополь: НИЦ КИПУ, 2008. С.54-57 3. *Меньшаков В.М., Урлапов Г.П., Серета В.С.* Бесстружечные метчики. М., «Машиностроение», 1976. -167с. 4. *Розенберг О.А., Цеханов Ю.А., Шейкин С.Е.* Технологическая механика деформирующего протягивания. Воронежская гос. технолог. акад. – Воронеж, 2001.- 200с. 5. *Шейкин С.Е.* Научные основы технологического управления микрорельефом поверхности и упрочнение поверхностного слоя при деформирующем протягивании. Диссер. На получение научной степени д.т.н. Киев:-2008. 6. *Абдулкеримов И.Д.* Способ получения качественной поверхности глухих отверстий в деталях полученных литьем. Материалы международной научно-технической конференции «Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї – наука- виробництво» ЗНТУ (г. Запорожье), 2010. 7. *Абдулкеримов И.Д.* Технологическое обеспечение герметичности резьбовых соединений при изготовлении деталей из материалов с газо-усадочной пористостью. Международный научно-технический сборник ВАК «Резание и инструмент в технологических системах», НТУ «ХПИ» (г. Харьков), выпуск 79, 2011, с.3-8.

*БІЛЯВСЬКИЙ М.Л.*, Київ, Україна

## **ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РІЗАЛЬНОГО НОЖА ПРИ ТОРЦЕВОМУ ФРЕЗЕРУВАННІ З ПОПЕРЕДНІМ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ**

В роботі розроблена феноменологічна модель впливу попереднього пластичного деформування на знос різального інструмента та запропонований шлях підвищення продуктивності такої обробки.

В работе разработана феноменологическая модель влияния предварительного пластического деформирования на износ режущего инструмента и предложен путь повышения продуктивности такой обработки.

The phenomenological model of influence of plastic prestrain is in-process worked out on the wear of toolpiece and the way of increase of the productivity of such treatment is offered.

**Актуальність проблеми.** Для стійкого розвитку сучасної техніки особливий інтерес представляють ресурсозберігаючі технології виготовлення деталей машин та механізмів, в тому числі технологія різання з попереднім пластичним деформуванням.

Питанням розробки технологічного методу різання з попереднім пластичним деформуванням присвячені роботи Подураєва В.М., Ярославцева В.М., Полянчикова Ю.М., Амбросімова С.К., Резанова А.І., Наумова Б.І., Усачьова Я.Г., Кодрика А.І., Крайнєва Д.В., Меламеда В.І., Давидюка В.І., Посвятенка Е.К. та інших [1-5]. Причому, переважна більшість теоретичних та експериментальних досліджень забезпечення якості обробки поверхонь стосується операцій точіння, протягування та стругання, а технологічні методи комбінованої обробки плоских поверхонь, що поєднують торцеве фрезерування з попереднім поверхневим пластичним деформуванням не були достатньо вивчені та поширені.

На протязі останніх десятиліть спостерігається тенденція неухильного збільшення питомої ваги чистового торцевого фрезерування в загальній структурі технологічних операцій механічної обробки плоских поверхонь, що обумовлено зменшенням припуску на чорнову та напівчистову обробку внаслідок впровадження ресурсозберігаючих технологій заготівельного виробництва, ускладненням конструкцій деталей та підвищенням техноло-

гічних вимог до них, застосуванням нових марок конструкційних сталей з низькою оброблюваністю різанням.

**Аналіз публікацій.** Потенціал наукових досягнень всесвітньо відомих вчених Новікова М.В., Мельничука П.П., Розенберга О.О., Клименка С.А., Лоева В.Ю. [6-18] та інших в області технологічного забезпечення якості обробки плоских поверхонь залізовуглецевих сплавів торцевим фрезеруванням інструментом, оснащеним надтвердими матеріалами, свідчить про пошук шляхів підвищення ефективності обробки сталей з аустенітною структурою та відхід від дискретних методів обробки і сполучення в одній операції різання та поверхневого пластичного деформування. В оглядових роботах [7,9,10] ставиться задача: пошук, вдосконалення та розробка способів підвищення стійкості різальних ножів чистових торцевих фрез в тому числі, в умовах високошвидкісного різання.

**Мета досліджень.** Враховуючи вищенаведене, метою роботи є дослідження можливості застосування технології різання з попереднім пластичним деформуванням для підвищення стійкості ножів чистових торцевих фрез та використання такого комбінованого інструмента в умовах високошвидкісної обробки.

**Виклад основної частини.** Рішення задачі підвищення стійкості різальних ножів торцевих фрез дозволить вирішити безпосередньо задачу технологічного забезпечення якості оброблених плоских поверхонь та продуктивності фінішної операції при мінімальній собівартості технології. Така задача є достатньо актуальна для машинобудівних підприємств, які працюють в ринкових умовах.

В якості оцінки зносу різального інструмента був прийнятий параметр інтенсивності накопичення залишкових напружень, який розраховується по залежності:

$$I = \frac{h_3}{\Delta t_p} = \left( \frac{K_i}{\Delta t_p} \right)^m \cdot K_m \cdot (L \cdot S), \quad (1)$$

де  $I$  - інтенсивність накопичення залишкових напружень, м/хв;  $h_3$  - знос різального інструмента по задній поверхні;  $K_i$  - коефіцієнт опору інструментального матеріалу;  $m$  - показник степені, який характеризує накопичення пошкоджень і є функцією процесу різання  $m = f(V, S, t, P)$ ;  $L$  - довжина оброблюваної поверхні;  $S$  – подача інструмента;  $K_m$  - коефіцієнт, який відображає властивості оброблюваного матеріалу та розраховується по залежності:

$$K_M = \frac{\sigma_m}{\sigma_M}, \quad (2)$$

де  $\sigma_m, \sigma_M$  – відповідно межа текучості та міцності оброблюваного матеріалу.

Після попереднього пластичного деформування, як було розглянуто раніше [14], вдається збільшити межу міцності оброблюваного матеріалу на величину:

$$\sigma_M = 3 \cdot HB = \frac{3 \cdot \sum_1^{m_d} R_{di}}{0,013 \cdot R_d^2}, \quad (3)$$

де  $HB$  – твердість поверхневого шару після попереднього пластичного деформування;  $\sum_1^{m_d} R_{di}$  – сумарне значення діючих сили попереднього пластичного деформування в залежності від кількості деформівних елементів  $m_d$ ;  $R_d$  – радіус деформівного елемента. Отже, з врахуванням залежностей (2-3) математична модель (1) може бути представлена у вигляді:

$$I = \frac{h_3}{\Delta t_p} = \left( \frac{K_i}{\Delta t_p} \right)^m \cdot \frac{\sigma_m}{0,039 \cdot R_d^2 \cdot \sum_1^{m_d} R_{di}} \cdot (L \cdot S), \quad (4)$$

З математичної моделі (4) видно, що збільшення сили попереднього пластичного деформування призводить до зменшення інтенсивності накопичення залишкових напружень. Це дає підставити висунути гіпотезу про допустимість збільшення швидкості різання без втрати працездатності різального інструменту. Проте, при збільшенні швидкості різання, в процесі торцевого фрезерування, виникають імпульсні удари різального ножа в момент входу в контакт із заготовкою (рис. 3), що призводить до втрати працездатності.

На підставі отриманої математичної моделі (4) та встановлених раніше умов перебігу технології різання з попереднім пластичним деформуванням [19] можливо сформулювати феноменологічну модель (рис.1).

Таким чином, отримана феноменологічна модель інтенсивності накопичення залишкових напружень різального інструмента при реалізації технології різання з попереднім пластичним деформуванням на операції торцевого фрезерування.

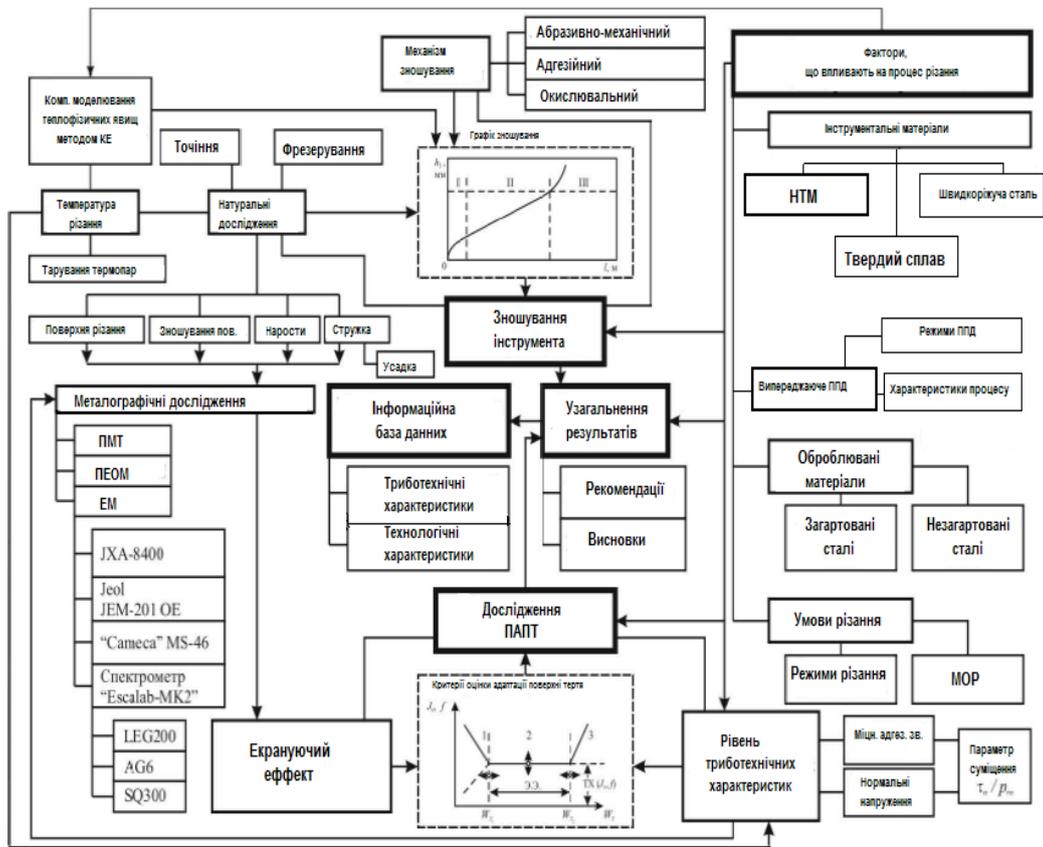


Рисунок 1 – Феноменологічна модель впливу попереднього пластичного деформування на знос різального інструмента

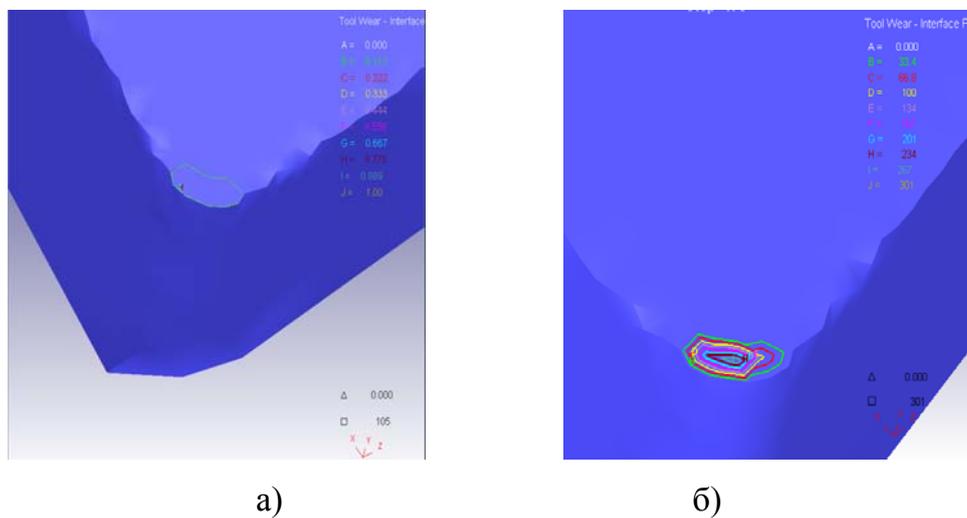


Рисунок 2 – Результати імітаційного моделювання, в системі Deform, інтенсивності накопичення та розподілення залишкових напружень різального інструмента (а – традиційне торцеве фрезерування; б – торцеве фрезерування з попереднім пластичним деформуванням)

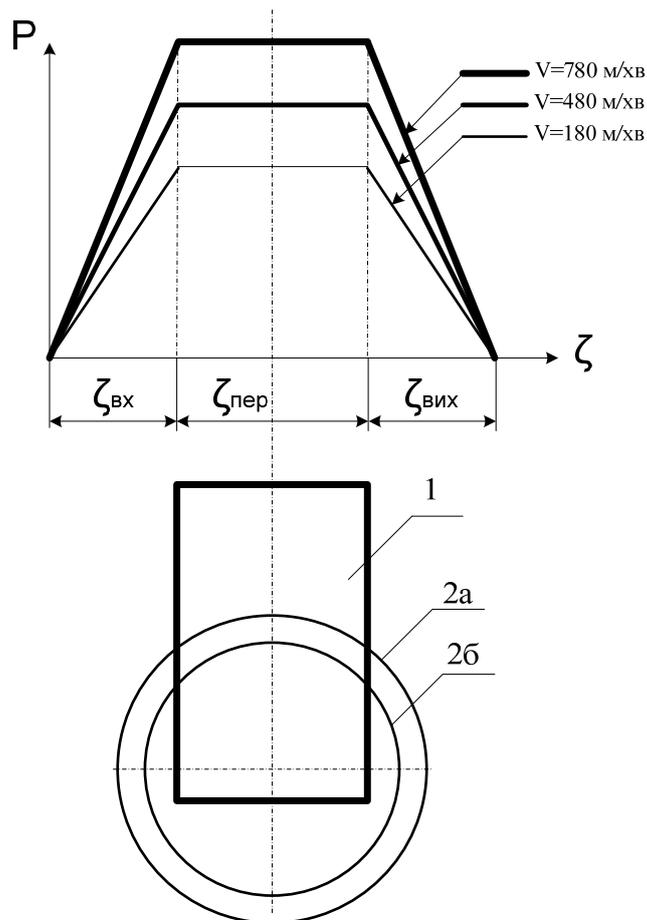


Рисунок 3 – Схема формування імпульсу сили різання  $P$  в період часу  $\zeta$  при реалізації технології різання з попереднім пластичним деформуванням оброблюваної плоскої поверхні 1 деформівними 2а та різальними 2б елементами

Враховуючи стрімкий ріст форми імпульсу сили різання  $P$  (рис. 3) при збільшенні швидкості різання, задачу мінімізації значення  $P$  можливо вирішити шляхом використання різальних ножів з перемінною жорсткістю в напрямку, який співпадає з вектором руху ножа, як представлено нижче.

Таким чином, представлений механізм (рис. 4) дозволяє зменшити імпульс сили різання, що дає можливість підвищити стійкість різального інструмента та продуктивність фінішної операції в цілому.

#### **Висновки.**

Розроблена феноменологічна модель дозволила встановити, що процес зношування різального інструмента при торцевому фрезеруванні з попереднім пластичним деформуванням включає взаємопов'язані між собою складні термосилові процеси. Всі ці взаємодії характеризують перебудову мікро- та макроструктури в граничних шарах контакту інструмента та оброблюваного матеріалу. Тому процес зносу необхідно представляти як

процес встановлення деякого стаціонарного стану взаємодій, які проходять достатньо повільно. Так як процес зносу є переважно дисипативним, то перехід до стаціонарного стану необхідно описати в класі експоненціальних функцій.

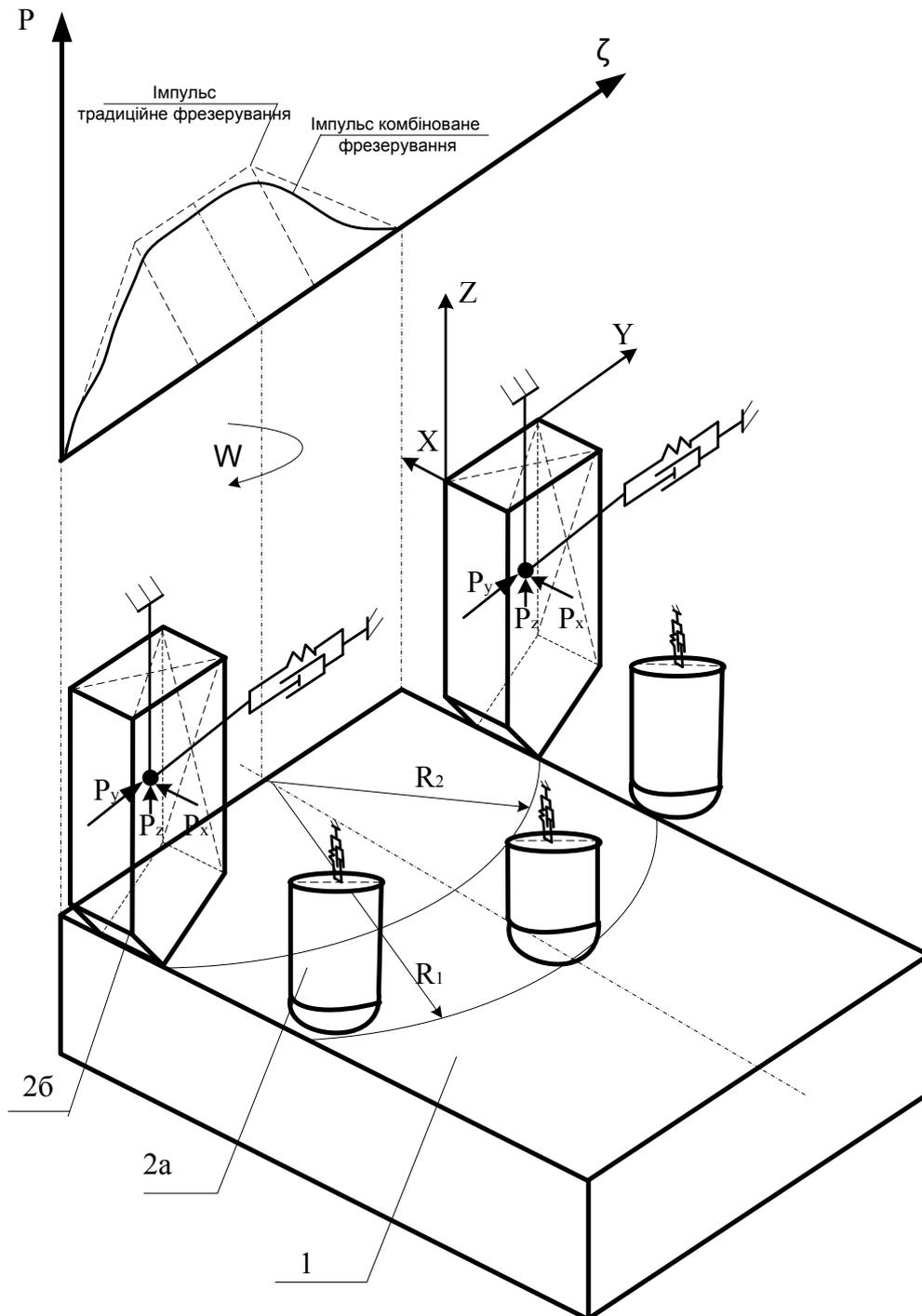


Рисунок 4 – Механізм формування імпульсу сили різання при реалізації технології різання з попереднім пластичним деформуванням

В ході теоретичних досліджень було показано, що реалізація технології різання з попереднім пластичним деформуванням дає можливість підвищити працездатність фінішної операції шляхом збільшення швидкості різання без суттєвої втрати працездатності різального інструмента.

Встановлено, що при збільшенні швидкості різання збільшується імпульс удару різального ножа торцевої фрези в момент входу в контакт з оброблюваною заготовкою. З метою мінімізації такого явища запропоновано проектувати різальний ніж та його оснастку з перемінною жорсткістю.

Розроблена феноменологічна модель дає можливість оцінити вплив попереднього пластичного деформування на знос різального інструмента та врахувати його механізм, в подальшому, на формування мікрогеометрії обробленої поверхні.

В подальших дослідженнях будуть розглянуті питання пов'язані із впливом зносу різального інструмента на теплопровідність інструментального матеріалу та загальний баланс теплоти в умовах реалізації різання з попереднім пластичним деформуванням.

**Список літератури:** 1. Амбросимов С.К. Феноменологическая модель исследования энергосиловых затрат на резание при опережающем деформирующем протягивании с упругопластическим нагружением. // Журнал упрочняющие технологии и покрытия, – 2008. №5 2. Воеводин Г.А. Влияние микроструктуры обрабатываемого материала на характер процесса резания и износ инструмента // Физические процессы при резании металлов Сб. науч. тр. – Волгоград: ВолГТУ; 1984 – с. 79 – 86 3. Крайнев Д.В. Повышение эффективности процесса резания сталей перлитного и аустенитного класса путем использования предварительного пластического деформирования: Дис. канд. техн. наук : 05.03.01 : Волгоград, 2006 - 167 с. 4. Кодрик А.И. Повышение обрабатываемости высокопластичных сталей при режущем протягивании: Автореферат дис. канд. тех. наук – Киев, 1984. – 22 с. 5. Подураев В. Н., Ярославцев В. М., Ярославцев Н. А. Влияние обработки резанием с опережающим пластическим деформированием на предел выносливости обработанных деталей.— Изв. вузов, сер. Машиностроение, 1971, 8, с. 121—124. 6. Новіков М.В., Шепелев В.О., Клименко С.А., Лавріненко В.І. Технології механообробки інструментами з надтвердих матеріалів і твердих сплавів у ІНМ ім. В.М. Бакуля НАН України // Процеси механічної обробки в машинобудуванні . – 2005 . – Вип. 2 – с. 91 – 101. 7. Виговський Г.М., Громовий О.А. Дослідження особливостей зношування різального інструменту при високошвидкісній обробці//Процеси механічної обробки в машинобудуванні, 2009.-Випуск 7 .-С.38. 8. Виговський Г.М., Крижановський В.Б., Кур'ята П.В. та ін. Температурні поля при обробці металів фрезами із над-

твердих матеріалів: фізична постановка задачі, її математичне і програмне забезпечення//Вісник Житомирського державного технологічного університету,2001.-вип.16 .-С. 60 **9.** Виговський Г.М., Бушля В.М. Визначення впливу режимів на період стійкості та характер зношування торцевих фрез, оснащених надтвердими матеріалами при чорновій обробці сірого чавуну//Вісник Житомирського державного технологічного університету,2008.-№1 (44) .-С.7 **10.** Виговський Г.М., Громовий О.А. Особливості процесів стружкоутворення при високошвидкісній обробці //Вісник Житомирського державного технологічного університету,2009.-№3 (50) .-С.6 **11.** Виговський Г.М., Громовий О.А., Мельничук П.П. Косокутне різання. Деформація та напрямок сходу стружки//Вісник Житомирського державного технологічного університету,2000.-вип.12 .-С.76 **12.** Крижанівський В.Б. Програмне та математичне забезпечення процесу формування температурних полів при торцевому фрезеруванні//Процеси механічної обробки в машинобудуванні,2007.-Випуск 5 (1) .-С.88 **13.** Крижанівський В.Б., Баранівський М.С. Комп'ютерна лабораторія для моделювання процесу формування мікрогеометрії поверхні при торцевому фрезуванні//Процеси механічної обробки в машинобудуванні,2010.-Випуск 8 .-с.115 **14.** Лоєв В.Ю., Мельничук П.П., Салогуб Є.В. Визначення можливості використання активності ювенільної поверхні для поверхневого легування розробленою конструкцією торцевого інструмента//Вісник Житомирського державного технологічного університету,2009.-№3 (50) .-С.51 **15.** Лоєв В.Ю.,Кравчук О.М. Торцеве фрезерування широких плоских поверхонь нежорстких деталей.Сучасний стан проблеми//Процеси механічної обробки в машинобудуванні,2009.-Випуск 7 .-С.114 **16.** Мельничук П.П., Лоєв В.Ю. Новий спосіб фінішної обробки плоских поверхонь деталей торцевим лезовим інструментом//Процеси механічної обробки в машинобудуванні,2009. – Випуск 7. – С.178 **18.** Мельничук П.П., Лоєв В.Ю., Головатенко О.В. Особливості налаштування торцевого інструмента з планетарним рухом формоутворюючих елементів//Процеси механічної обробки в машинобудуванні, 2010. **19.** Шестакова Ж.В. Повышение эффективности процесса фрезерования на основе прогнозирования надежности эксплуатации торцевых фрез Дис. канд. техн. наук : 05.03.01: Барнаул, 2006 - 167 с. **20.** Шахбазов Я.О., Стецько Ю.Б., Білявський М.Л. Математичний аналіз технологічного процесу обробки площин корпусних деталей комбінованими торцевими фрезами // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні №642 (2009), стр. 32-41.

*Е.А. ВЛАДЕЦКАЯ, С.М. БРАТАН*, д-р техн. наук,  
*А.О. ХАРЧЕНКО*, канд. техн. наук, Севастополь, Украина

## **ПОВЫШЕНИЕ ВИБРОУСТОЙЧИВОСТИ ШЛИФОВАЛЬНЫХ СТАНКОВ ПЛАВУЧИХ РЕМОНТНЫХ МАСТЕРСКИХ**

Розглянуто особливості вібраційних взаємодій верстата в умовах роботи плавучої ремонтної майстерні, наведено аналіз впливання зовнішнього середовища на її плавучу основу, розроблено динамічну модель технологічної системи верстата, а також наведено нову конструкцію віброізолюючого пристрою металорізального верстата для вказаних умов.

Ключові слова: технологічна система, шліфувальний верстат, плавуча ремонтна майстерня, вібраційні взаємодії, вібростійкість, віброізолюючий пристрій.

Рассмотрены особенности эксплуатации механообрабатывающего оборудования плавучей ремонтной мастерской при наличии воздействий как окружающей среды, так и внешнего оборудования. Приведенный в работе анализ позволяет выявить пути снижения влияния вибрационных воздействий на технологическую систему шлифовального станка.

Ключевые слова: технологическая система, шлифовальный станок, плавучая ремонтная мастерская, вибрационные взаимодействия, виброустойчивость, виброизолирующие устройства.

The features of vibration influence on grinding machine mounted in floating repair shop were presented. Moreover the analysis of environmental impacts on floating repair shop hull was given. Developed a dynamic model of the technological system of machine, and also shown the new design of vibration isolation device for these conditions.

Key words: technologic system, grinding machine, floating workshop, vibration interference, vibration stability, vibration isolation device.

В судостроении и в судоремонтной отрасли широкое применение находят такие передвижные механические комплексы, как плавучие ремонтные мастерские (ПРМ) (рисунок 1), на палубах которых размещены различные участки, в том числе и механообрабатывающие, включающие практически все виды станочного оборудования (рисунок 2). Особенностью эксплуатации указанного оборудования является наличие вибраций, вызванных действием различных источников, приводящее к снижению точности и чистоты обработки, а также и к другим нарушениям технологических процессов.

Наличие колебаний в отклонениях расположения шероховатости поверхности объясняются возмущающими воздействиями в технологических процессах, вызванных нестабильностью технологической системы. Нестабильность параметров деталей определяется воздействием в процессе их производства на технологическую систему (ТС) изменяющихся внешних факторов, часть из которых неизвестна и не контролируется в процессе обработки. Эта проблема особенно актуальна для условий работы оборудования в ПРМ.



Рисунок 1 – Общий вид плавучей ремонтной мастерской (ПРМ) судоремонтного завода (г. Севастополь)

При системном анализе динамической системы оборудования плавучей ремонтной мастерской кроме воздействий внешнего оборудования, характерных для работы в стационарных условиях участка (цеха), таких как компрессоры, вентиляторы, насосы, транспортно-загрузочные устройства, создающих гармоническое воздействие на основание с частотой вращения приводных двигателей ( $f = 12 \dots 48,5 \text{ с}^{-1}$ ) и оборудование, создающее импульсное воздействие на основание – прессовое, долбежные и строгальные станки, необходимо учитывать такие воздействия внешней среды, как колебания водной поверхности, передающие вибрационные воздействия через плавучее основание и поверхность палубы на оборудование.

При декомпозиции механической обработки в ПРМ выделяют подсистемы: «Источник колебаний» и подсистема «Объект виброзащиты», которые соединены между собой связями, вызывающими колебания объекта от динамических воздействий. Знакопеременные напряжения, вызванные вибрационными воздействиями, приводят к накоплению повреждений в материале, что вызывает появление усталостных трещин и разрушения. Кроме усталостных разрушений в механических системах наблюдаются

такие явления, как ослабление неподвижных соединений, смещение сопряженных поверхностей соединений деталей машин; при этом происходит изменение структуры поверхностных слоев сопрягаемых деталей, их износ и, как результат, уменьшение силы трения в соединении, что вызывает изменение диссипативных свойств объекта, смещает его собственные частоты и т.п.



Рисунок 2 – Технологическое оборудование механообрабатывающих участков ПРМ

Процесс влияния возмущений на технологическую систему металлорежущего станка представлен на рисунке 3. На схеме стрелками и цифрами 0...8 показаны направления и последовательность колебаний, возбуждаемых соответственно внешней средой, плавучим основанием, внешним оборудованием, поверхностью палубы, а также станиной станка и его узлами и системами. Стрелками и цифрами 9...19 обозначены направления и последовательность передачи колебаний от самовозбуждения (колебания и вибрации в зоне резания и работы приводов). Стрелки и цифры 9'...12' указывают на передачу вибраций от силовых приводов.

Так, в системе металлорежущего станка (например, круглошлифовального) при его работе происходят сложные вибрационные воздействия, как стационарные, так и нестационарные, в результате колебательных процессов (кинетических и силовых). Можно предположить также наличие ударных воздействий – механических кратковременных в результате работы внешнего оборудования одновременно с процессом обработки, а также длительного действия за счет качки при колебаниях водной поверхности, передаваемых плавучим основанием через поверхность палубы технологическому оборудованию.

Период работы оборудования должен обеспечиваться удержанием плавучей ремонтной мастерской в заданном месте в условиях воздействия

внешней среды – ветра, течения и морского волнения. В случае прекращения мер по удержанию, возмущающие силы могут привести к приостановке работ, к аварийным ситуациям и к выходу из строя технологического оборудования. На основании вышеизложенного цель настоящей работы заключается в выявлении путей снижения влияния шумов возбуждений, связанных как с внутренними, так и с внешними источниками колебаний ТС в условиях ПРМ.

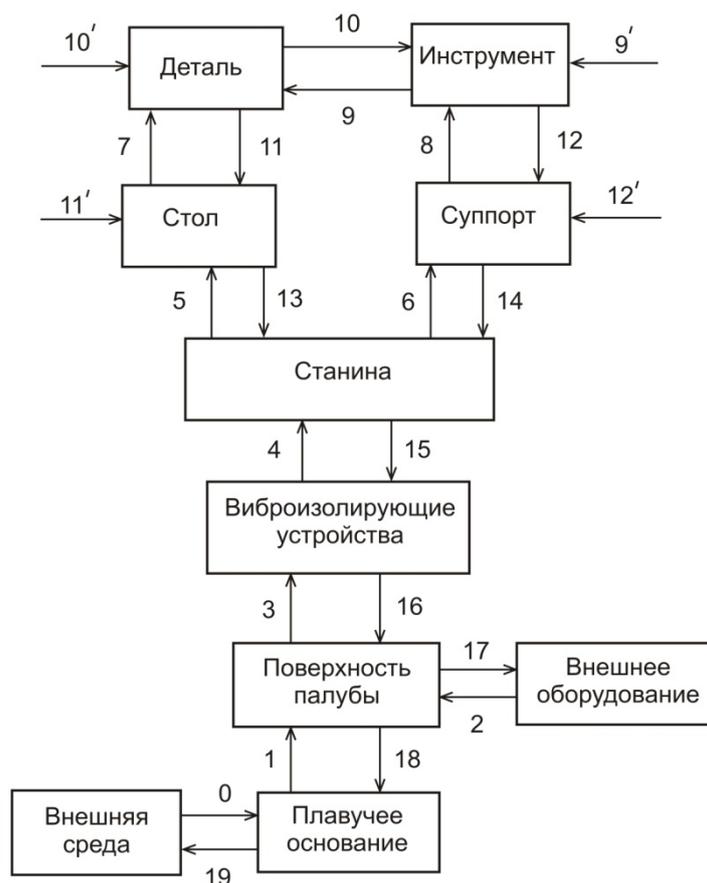


Рисунок 3 – Схема вибрационных взаимодействий системы станка в условиях работы ПРМ

Для обеспечения работоспособности оборудования необходимо создавать возможность компенсации колебаний, создаваемых технологическим оборудованием. В результате внешних возмущений, которые определяются сезонными условиями заданных акваторий. В час  $\kappa_{\xi}, \kappa_{\eta}, \kappa_{\zeta}, \kappa_{\theta}, \kappa_{\psi}$  – редуцированные коэффициенты поперечно-горизонтальной, продольно-горизонтальной, вертикальной, бортовой и килевой качки соответственно;  $V$  – водоизмещение ПРМ;  $\rho, g$  – удельная плотность воды и ускорение силы тяжести;  $k$  – волновое число,  $k \cong \omega^2/g$ ;  $S$  – площадь ватерлинии;  $h, H$  –

малый и большой метацентрический радиус судна;  $w$  – круговая частота волнения;  $r(t)$  – ордината волнового профиля;  $t$  – время.

Редукционные коэффициенты могут быть определены либо путем испытания масштабных моделей в опытовых бассейнах, либо путем интегрирования расчетных полей давления в взволнованной жидкости по объемам, занимаемым судовыми корпусами и их поверхностями [2]. Такие операции производятся обычно при помощи номограмм, либо с учетом параболической, либо интегральной интерполяции.

Для определения динамических характеристик несущей системы, а именно, амплитудно-частотных и амплитудно-фазовых частотных характеристик, необходимо наличие динамических моделей технологических систем (ТС) станка, которые могут быть построены на основе конкретной расчетной схемы.

Так, для круглошлифовального станка модели 3М151 расчетная схема приведена в работе [3]. Однако в реальности такие многомассовые системы представляют собой довольно сложные и громоздкие математические модели, в связи с чем их заменяют упрощенными эквивалентными схемами. Одна из таких предложенных схем [4] позволяет проиллюстрировать динамику перемещений центров круга, заготовки и изменения фактической глубины резания в процессе круглого наружного шлифования.

В работе [4] на основе принципа возможных перемещений, для системы построена ее модель в виде совокупности дифференциальных уравнений, характеризующих динамику перемещений центров круга, заготовки и изменения фактической глубины резания.

Для исходного положения заготовки в момент начала ее контакта с инструментом ( $L_0 = R_0 + r_0$ ;  $S_0 = 0$ ;  $x_{10} = 0$ ;  $x_{20} = 0$ ;  $t_f = 0$ ) система уравнений в отклонениях запишется:

$$\begin{cases} m_1 \ddot{x}_1 + h_1 \dot{x}_1 + c_1 x_1 + h_3 (\dot{x}_1 + \dot{R}) + c_3 (x_1 + \Delta R) - \\ - h_3 (\dot{x}_2 - \dot{r}) - c_3 (x_2 - \Delta r) - h_1 \dot{S} - c_1 S = 0, \\ m_2 \ddot{x}_2 + h_2 \dot{x}_2 + c_2 x_2 + h_3 (\dot{x}_2 - \dot{r}) + c_3 (x_2 - \Delta r) - \\ - h_3 (\dot{x}_1 + \dot{R}) - c_3 (x_1 + \Delta R) = 0. \end{cases} \quad (16)$$

Вследствие вращения круга и заготовки вариации геометрических размеров имеют периодический или почти периодический характер, что и объясняет появление внутренних возбуждающих сил, в существенной степени определяющих динамику процесса шлифования.

Для решения задач моделирования динамики процесса целесообразно записать систему (16) совместно с уравнением наблюдений. В матричной форме пространства состояний система (16) приобретает вид:

$$\begin{aligned} \dot{Y}_0 &= A_0 \cdot Y_0 + B_0 \cdot \Psi + C_0 \cdot U; \\ Z_0 &= E_0 \cdot Y_0 + F_0 \cdot V_0; \\ T_0 &= Q_0 \cdot Z_0, \end{aligned} \quad (17)$$

$$\text{где } \dot{Y}_0 = \begin{bmatrix} \dot{y}_1 \\ \dot{y}_2 \\ \dot{y}_3 \\ \dot{y}_4 \end{bmatrix}, Y_0 = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \end{bmatrix}, A_0 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 \\ -\frac{c_1 + c_3}{m_1} & -\frac{h_1 + h_3}{m_1} & \frac{c_3}{m_1} & \frac{h_3}{m_1} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ \frac{c_3}{m_2} & \frac{h_3}{m_2} & -\frac{c_2 + c_3}{m_2} & -\frac{h_2 + h_3}{m_2} \end{bmatrix},$$

$$U = \begin{bmatrix} S \\ \dot{S} \end{bmatrix}, \Psi = \begin{bmatrix} \Psi_1 \\ \Psi_2 \end{bmatrix}, \Psi_1 = [\Delta R + \Delta r], \Psi_2 = [\dot{R} + \dot{r}],$$

$$B_{01} = \begin{bmatrix} 0 \\ -\frac{c_3}{m_1} \\ 0 \\ \frac{c_3}{m_2} \end{bmatrix}, B_{02} = \begin{bmatrix} 0 \\ \frac{h_3}{m_1} \\ 0 \\ \frac{h_3}{m_2} \end{bmatrix}, C_0 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \frac{c_1}{m_1} & \frac{h_1}{m_1} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, B_0 = [B_{01} \quad B_{02}],$$

где  $Y_0$  – вектор (матрица-столбец), представляющая вектор состояния системы,  $\dot{Y}_0$  – вектор производных состояний системы,  $A_0$  – матрица, характеризующая динамические свойства системы,  $B_0$  – матрица параметров влияния отклонений формы детали и круга,  $\Psi$  – вектор состояний отклонений формы детали и круга от номинальных параметров,  $C_0$  – матрица управления процессом,  $U$  – вектор управляющих воздействий, связанный с поперечной подачей.

$$E_0 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, F_0 = \begin{bmatrix} f_{11} & f_{12} \\ f_{21} & f_{22} \end{bmatrix}, V_0 = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}, T_0 = [t_f] Q_0 = [-1 \quad 1],$$

где  $E_0, F_0, V_0, T_0, Q_0$  – матрица состояния измерений, матрица интенсивностей шумов измерителей; матрица независимых гауссовых белых шумов измерителей единичной интенсивности, матрица глубины резания и матрица преобразования совокупных измерений соответственно.

Оцененная таким образом глубина резания  $t_f$  несвободна как от погрешностей, определяемых качеством процесса измерений шумами измерителей, так и от влияния случайных составляющих отклонений форм детали и круга от номинальных и внешних возмущений.

Для повышения качества обработки прецизионные станки должны быть защищены от вибраций соседних установок. При монтаже некоторых станков (шлифовальных, точных токарно-винторезных, балансировочных и т.п.) на фундаментах первой группы, когда роль собственно фундамента выполняет станина, ряд заводов практикует в качестве antivибрационного мероприятия установку станков на виброизолирующих опорах. При недостаточно тщательном подборе или при изменении режима работы станка упругие элементы могут вызывать даже усиление вибраций.

Однако, в тех случаях, когда требуется особо высокая чистота обработанной поверхности или когда источник большой вибрации находится поблизости, то вышеуказанный способ виброизоляции является недостаточным.

Повышение качества обработки деталей непосредственно связано с необходимостью ослабления вынужденных колебаний станка, передаваемых через поверхность палубы от внешних источников. Уровень вынужденных колебаний станка снижается при установке его на виброизолирующие устройства.

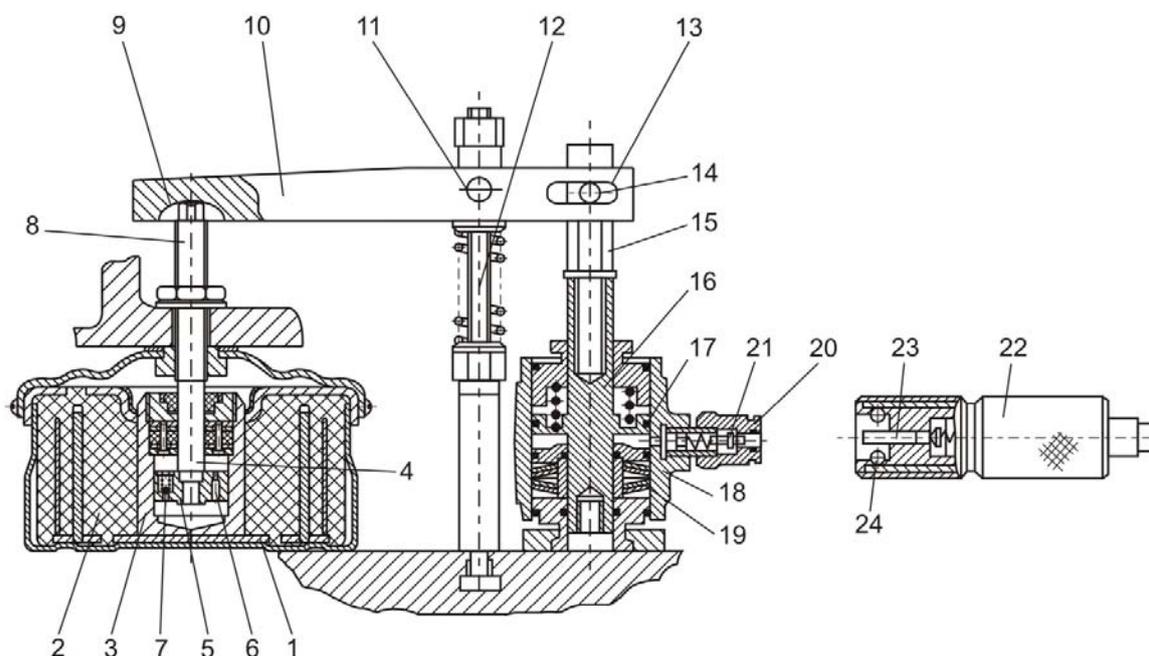


Рисунок 4 – Общий вид виброизолирующего устройства: 1 – основание; 2 – резиновый элемент; 3 – цилиндр; 4 – шток; 5 – поршень; 6 – калиброванное отверстие; 7 – клапан сжатия; 8 – регулировочный винта; 9 – сферическая поверхность лунки; 10 – прихвата; 11 – ось; 12 – стойка; 13 – продольный паз; 14 – ось; 15 – опора; 16 – опорный шток; 17 – поршень; 18 – гидроцилиндр; 19 – пружинный аккумулятор; 20 – малая полумуфта; 21 – клапан; 22 – большая полумуфта; 23 – клапанный штырь; 24 – шарики

Как правило, на палубах плавучих ремонтных мастерских фиксация станков обеспечивается фундаментом, который не обеспечивает достаточного уровня виброизоляции вследствие значительных колебательных воздействий, как от внешнего оборудования, так и от внешней среды через плавучее основание и поверхность палубы.

Традиционные виброизолирующие опоры металлорежущих станков [3] выполнены на основе виброизоляторов, различающихся упруго-демпфирующими характеристиками, различным сочетанием виброизолирующих и ударно-защитных свойств, долговечностью, способностью функционировать в тех или иных климатических условиях, а также чисто конструктивными особенностями – габаритами, способом монтажа и т.д., не могут быть использованы на плавучих ремонтных мастерских по причине невозможности их функционирования в условиях качки плавучего основания и горизонтальных смещений под ее воздействием.

**Выводы.** В Севастопольском национальном техническом университете с целью повышения надежности виброзащиты станков от внешних колебаний на металлообрабатывающих участках ПРМ разработано устройство (рисунок 4) [5], позволяющее повысить надежность виброзащиты металлорежущих станков от внешних колебаний, в том числе и от волнений водной поверхности, упростить возможность монтажа и демонтажа технологического оборудования ПРМ, повысить качество обработки деталей за счет снижения погрешностей их формы путем уменьшения внешних и внутренних колебаний, гашению которых способствуют виброизолирующие опоры и пружинные аккумуляторы в гидроцилиндрах.

Предложенное устройство имеет следующие преимущества:

- повышается надежность виброзащиты металлорежущих станков, установленных и работающих в условиях ПРМ, от внешних колебаний, в том числе и от волнений водной поверхности;
- упрощается возможность монтажа и демонтажа технологического оборудования ПРМ путем применения вместо используемых в настоящее время бетонных фундаментов (даже для легких и средних станков) предлагаемых виброизолирующих устройств на каждой из опор;
- повышается качество обработки деталей за счет снижения погрешностей их формы путем уменьшения внешних и внутренних колебаний,

гашению которых способствуют виброизолирующие опоры и пружинные аккумуляторы в гидроцилиндрах.

Приведенный в работе анализ позволил выявить пути снижения влияния шумов возбуждений, связанных как с внутренними, так и с внешними источниками колебаний. Для этого необходимо расширить систему (17), которую можно непосредственно использовать при реализациях процедур стохастического наблюдения и фильтрации.

Полученная таким образом расширенная модель будет представлять собой стохастическое описание процесса съема материала при контактировании абразивного инструмента, заготовки и источника внешних возмущений и является основой для определения стохастических представлений основных технологических показателей процесса обработки в условиях ПРМ, что является задачей дальнейших исследований.

**Список использованных источников:** 1. Волосенко Е.Б. К вопросу воздействия ветровой нагрузки на судно// Мореходность и управляемость судов. – Л.: Судостроение, 1988, Вып. 105. – С. 53-60. 2. Бородай И.К. Качка судов на морском волнении/ И.К. Бородай, Ю.А. Нецветаев. – Л.: Судостроение, 1989. – 432 с. 3. Братан С.М. Анализ влияния колебаний, передаваемых через фундамент станка, на качество процесса шлифования/ С.М. Братан, Е.А. Владецькая. – Вестник НТУ «ХПИ». – Сб. научн. трудов. - № 35, 2008. – С. 13-22. 4. Стохастическая диагностика взаимодействия инструмента и заготовки при круглом наружном шлифовании/ Новоселов Ю.К., Братан С.М. Сучасні технології у машинобудуванні: Збірник наукових статей. Присвячується 75-річчю з дня народження академіка НАН України Н.В. Новікова/ За заг. ред. А.І. Грабченка. – Харків: НТУ «ХП», 2007. – С. 91-102. 5. Пат. №51621 Україна, МПК В23Q 1/00, Віброізолюючий пристрій металорізального верстата плавучої ремонтної майстерні/ О.О.Харченко, К.О. Владецька, С.М. Братан, Д.О.Владецький; заявник та патентовласник Севастопольський національний технічний університет.— №201000394; заявл.18.01.2010; опубл.26.07.2010, Бюл.№14.

**Н. М. ПРОКОПИВ**, канд. техн. наук,  
**О. В. ХАРЧЕНКО**, Киев, Украина, **Э. С. ГЕВОРКЯН**, д-р техн. наук,  
**Ю. Г. ГУЦАЛЕНКО**, Харьков, Украина,  
**А. Н. ПАНОВА**, канд. техн. наук, **А. А. БЕДА**, канд. хим. наук,  
**А. В. МИСЧАНЧУК**, канд. хим. наук, Киев, Украина

## **ТЕРМОДЕСОРБЦИОННАЯ ВАКУУМНАЯ ОЧИСТКА ТВЕР- ДЫХ СПЛАВОВ ПОСЛЕ СПЕКАНИЯ В ГАЗОВЫХ СРЕДАХ**

Представлено результати термодесорбційного газового мас-спектрального аналізу сплаву WC-10Co, який спечено у середовищі водню. Показано, що проведений при нагріві до 800°C у вакуумі 10<sup>-5</sup> Па відпал ефективно забезпечує витіснення газів з продукту спікання. Серед газових структур із співвідношенням маси йону до його заряду у межах від 15-ти до 42-х, що виявлено мас-спектрометрією, ідентифіковано поліваріанти двохелементних йонних композицій NH<sub>x</sub><sup>+</sup> і C<sub>x</sub>H<sub>y</sub><sup>+</sup>.

Представлены результаты термодесорбционного газового масс-спектрального анализа сплава WC-10Co, спеченного в среде водорода. Показано, что проведенный при нагреве до 800°C в вакууме 10<sup>-5</sup> Па отжиг эффективно обеспечивает вытеснение газов из продукта спекания. Среди выявленных масс-спектрометрией газовых структур с соотношением массы иона к его заряду в пределах от 15-ти до 42-х идентифицированы поливарианты двухэлементных ионных композиций NH<sub>x</sub><sup>+</sup> и C<sub>x</sub>H<sub>y</sub><sup>+</sup>.

The results of thermodesorption gaseous mass spectrometric analysis WC-10Co alloy sintered at hydrogen medium are presented. It is shown that annealing made under heating to 800°C at 10<sup>-5</sup> Pa vacuum efficiently ensures gas displacement from product of sintering. NH<sub>x</sub><sup>+</sup> and C<sub>x</sub>H<sub>y</sub><sup>+</sup> two-element ionic compound polyvariants with ion mass-charge relation from 15 to 42 are identified among gas structures revealed by mass-spectrometry.

### *Введение и постановка задачи исследования*

Управляемое теплофизическое процессирование является основой современных порошковых металлургических технологий, в особенности неконвенциональных [1]. Репутация надежной термомеханической основы получения высокоплотной, высокофункциональной и конкурентоспособной субмикро- и нанокерамики укрепилась в последние годы за электроконсолидационными технологическими подходами, например с нагревом по комбинированной схеме прямого токоподвода к спекаемой смеси при ее одновременном одноосном сжатии [2]. При этом ускоренный по сравнению с конвенциональными подходами ступенчатый нагрев спекаемой смеси пе-

ременным током промышленной частоты, особенно в сочетании с определенным ступенчатым же режимом прессования, позволяет получать различные конкурентоспособные в инструментальных применениях высокоплотные и тонкодисперсные материалы, в том числе на основе наиболее твердого и температуростойкого среди бинарных карбидов карбида вольфрама, включая монокарбид WC [3, 4], твердые сплавы WC-Co [4, 5] и нетрадиционные композиты, например WC-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> [6].

Однако, несмотря на активацию подавления порообразования в электрически напряженных компактируемых средах эффектами локальной интенсификации теплового действия электрического тока [7] и электроразрядными [8], проблема пористости продуктов порошковой металлургии, в особенности инструментальных твердых сплавов, остается неисчерпаемой. Спекание в газовой среде продолжает широко использоваться в технологиях серийного производства изделий из твердых сплавов [9]. При спекании в газоздушном среде или в условиях недостаточного вакуумирования в порах остается кислород (рис. 1, табл. 1), повышенная химическая активность которого при рабочем контактном нагреве приводит к локальным деструктуризациям инструментального материала, повышая риски микровыкрашиваний, утраты эксплуатационно достаточной формы рабочих поверхностей и, особенно, формы и остроты рабочих (режущих) кромок.

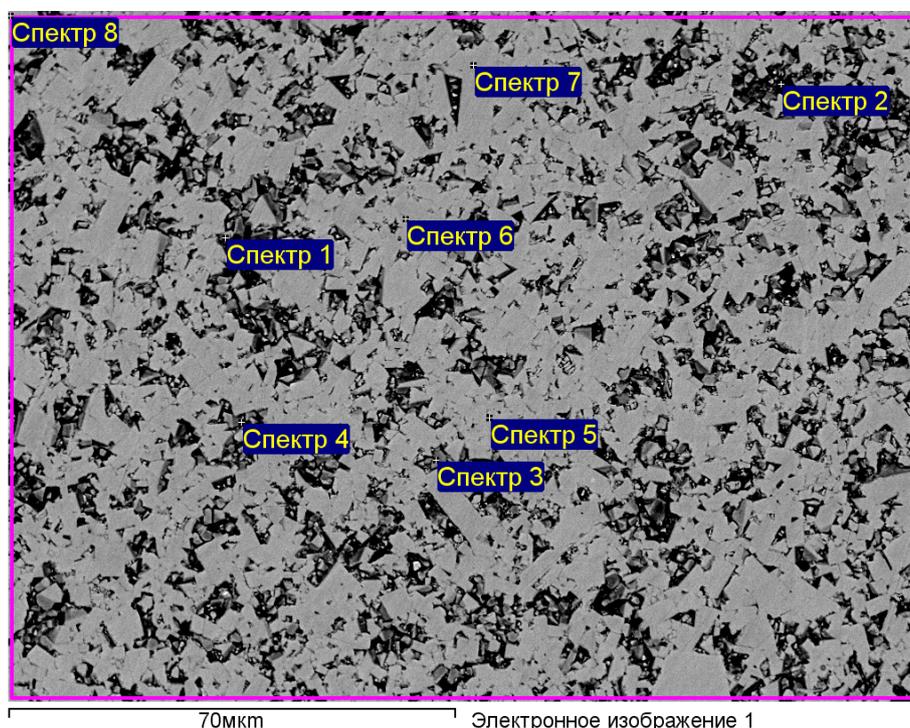


Рисунок 1 – Характерная электронная визуализация поверхности твердого сплава WC-8Co

Таблица 1 – Локальные данные о составе и соотношении (вес. %) элементов в твердом сплаве WC-8Co после спекания в газовой среде

Спектр	C	O	Co	Cu	W
Спектр 1	4.40	5.94	-	0.68	88.97
Спектр 2	4.22	3.61	1.58	14.16	76.43
Спектр 3	8.75	-	-	-	91.25
Спектр 4	5.74	3.25	-	2.29	88.72
Спектр 5	8.92	-	-	-	91.08
Спектр 6	11.10	-	-	-	88.90
Спектр 7	9.48	-	-	-	90.52
Спектр 8	5.79	1.56	-	0.64	92.01

В концептуально аналогичном отечественной практике [5] характерном бразильском опыте [10] (“high pressure and high temperature (HPHT)”) порошковая смесь WC-10Co со средними размерами зерен 500 нм (WC) и 5 мкм (Co), предварительно подготовленная и компактированная под давлением 500 МПа, подвергалась спеканию в ускоренном цикле с максимумами давления, температуры и длительности HPHT-воздействия соответственно 5 ГПа, 1300-1500°C и 2-4 мин. (конвенционально – 45 мин.). Рентгеновской дифрактометрией установлено повышение частоты образования  $Co_3W$  в интенсифицированной технологии [10] связывается с повышенной инфильтрацией W в Co вследствие термически обусловленного захвата углерода кислородом из WC с образованием CO и  $W_2C$ , как это показано в [11] для активированного прямым действием электрического тока прессования исходно монокарбидной WC-среды, и ожиданием появления η-фазы  $Co_6W_6C$ . При этом указания на собственно  $W_2C$  и  $Co_6W_6C$  в трактовке рентгенографических результатов экспериментов [10] отсутствуют, тогда как в экспериментально методологически HPHT-аналогичной рентгенографической практике [5] наличие особенно девальвирующей твердость конечного вольфрамокобальтового продукта η-фазы ( $Co_6W_6C$ ) не зафиксировано, а присутствие  $W_2C$  прослеживается, причем повышенное в конвенциональных сопоставлениях, как это и предвосхищается в интенсифицированных технологиях спекания общей логистикой [10, 11]. Согласно этой логистике, в том числе с повышенной активностью кислорода пор HPHT-спекаемого твердосплавного консолидата связываются возможности его максимального уплотнения. Но даже при обеспечиваемом HPHT-технологией максимальном уплотнении с ликвидацией закрытых пор, кислород из них, как это отмечается [10] по данным элементного анализа, переходит в твердый W, O, Co раствор и остается в спекаемом продукте. В результате задача получения особо высокофункциональной бескислород-

ной WC-Co керамики не решена полностью, несмотря на дополнительные энергии, времени и сопутствующие ресурсозатраты, а также известный проигрыш в тонкодисперсности ради повышенной плотности.

Присутствие остаточного газа в объеме образцов твердых сплавов, спеченных в газовой среде, объясняет также анализ [12] результатов исследования [13] взаимодействия газов с расплавами металлов и твердыми веществами. Усложнение процесса спекания его производством в газонейтральных средах или в условиях глубокого вакуума позитивизирует эксплуатационную готовность спекаемого конвенциональными технологическими подходами инструментального материала, но проблему пористости и связанных с ней ослаблений физико-механических свойств кардинально не решает. Вместе с тем в [14] показано, что на эксплуатационные свойства инструмента из сплава WC-10Co в условиях циклического ударного резания положительно влияет отжиг спеченного твердого сплава в вакууме. В этой связи определенный научный интерес представляет проведение масс-спектрального мониторинга влияния этого дополнительного технологического мероприятия на подавление присутствия остаточных газов в термообрабатываемом отжигом спеченном твердом сплаве.

Подобные подходы к улучшению инструментальных материалов получают в последнее время все более широкую практику. Известен, например, российский барнаульско-томский опыт [15] освобождения примесной подсистемы детонационных наноалмазов производства ФНПЦ «Алтай» от летучих соединений путем сопутствующей их отжигу (в среде аргона) десорбции (Алтайский государственный университет) с исследованием ее кинетики (Томский государственный университет).

Выбор водородной среды спекания в конвенциональной подготовке образцов для термодесорбционного газового масс-спектрального анализа в проводимом нами исследовании позволяет устранить проблему дифференциации влияния кислорода либо как участника среды спекания, либо как участника недостаточно вакуумированной среды рабочей камеры масс-спектрометра, либо как атмосферного интервента между спеканием и масс-спектрометрией.

#### *Основные результаты и их обсуждение*

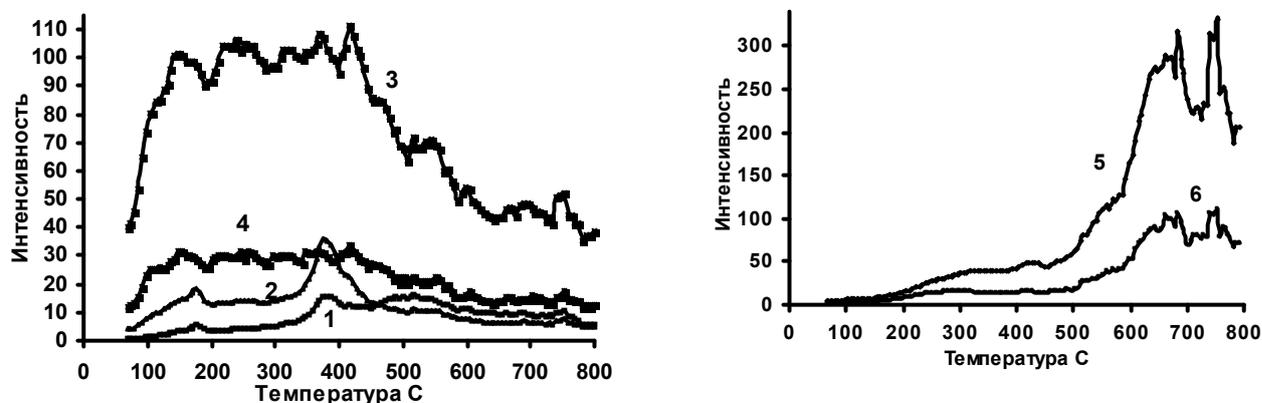
Представленные экспериментальные исследования кинетики десорбции выполнены на установке термического анализа, совмещенной с масс-спектрометром модели MX7304AM, оснащенной производителем (ОАО «SELMI», г. Сумы, Украина) IBM-совместимым интерфейсом RS232 и развитым программным обеспечением в среде Windows. Термическое воздействие осуществлялось путем нагрева образца до 800°C в вакууме  $10^{-5}$  Па с поддержкой примерно постоянной скорости нагрева ( $\approx 14$  К/мин).

Полученные термодесорбционные спектры с относительной активностью (интенсивностью) выделенных ионных токов в исследуемом температурном интервале представлены на рис. 2. Группировки спектров на рисунках 2а, 2б и 2в произведены по принципу характеристического единства спектрограмм. Определяемого, во-первых, числом выраженных участков повышенной интенсивности термодесорбционных спектров: по одному для спектрограмм на рисунках 2а и 2б; два для спектрограмм на рис. 2в. Во-вторых, температурной аналогией максимумов интенсивности участков повышенной интенсивности термодесорбционных спектров: для спектрограмм на рис. 2а эти максимумы принадлежат начально-срединному участку температурной шкалы нагрева исследуемых образцов и во всех случаях укладываются в интервал до 450°C; для спектрограмм на рис. 2б эти максимумы укладываются уже в заключительную треть температурной шкалы выполняемого нагрева, т.е. в интервал св. 600°C; два выраженных всплеска "двугорбных" спектрограмм на рис. 2в располагаются по одному в каждом из выделенных выше ключевых температурных интервалов для предыдущих группировок спектров. Кроме того, на рис. 2 объединены представления близких по виду кривых термодесорбционных спектров газов с соотношением  $m/z$  массы  $m$  иона к его заряду  $z$  15 и 16 (рис. 2а, характеристическая спектрографическая кривая 1, приводится по  $m/z$  16), а также газов с  $m/z$  40-42 (рис. 2в, характеристическая спектрографическая кривая 9, приводится по  $m/z$  42).

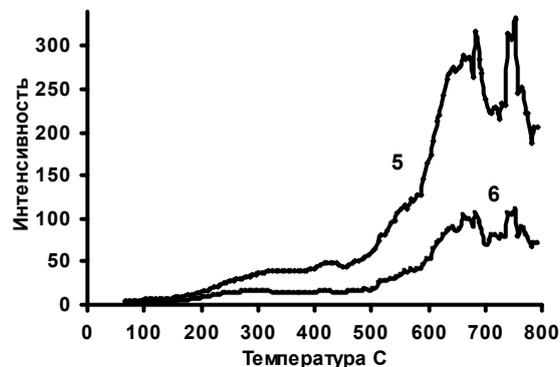
Как видно (см. рис. 1а), спектрограммы  $m/z$  15-17 имеют идентичную форму, что указывает на одинаковую природу происхождения представляемых ими газов. Учитывая идентичность формы этих кривых, следует исключить их происхождение из метана  $\text{CH}_4$  (в масс-спектре метана не может быть ионов с массой 17), а также отношение к масс-спектрам воды (ввиду непохожести на спектры  $m/z$  18 и  $m/z$  19 с соотношением интенсивностей примерно 3:1 по всей шкале нагрева, соответственно указывающие на  $\text{H}_2\text{O}$  и ионы гидроксония  $\text{H}_3\text{O}^+$ ; по спектру  $m/z$  19 возможна также дифференциация с незначительным присутствием тяжелоокислородной воды с устойчивым изотопом  $\text{O}^{17}$  в молекулярной формуле  $\text{H}_2\text{O}$ ), и отнести их к ионам аммиачной группы, а именно  $\text{NH}_3^+$  ( $m/z$  17),  $\text{NH}_2^+$  ( $m/z$  16),  $\text{NH}^+$  ( $m/z$  15).

Здесь сделаем следующую из идентификации по  $m/z$  18 и  $m/z$  19 относящихся к масс-спектрам воды ионов полезную аналитическую ремарку по поводу реально лишь весьма относительного устранения проблемы дифференциации влияния кислорода либо как участника среды спекания, либо как участника недостаточно вакуумированной среды рабочей камеры

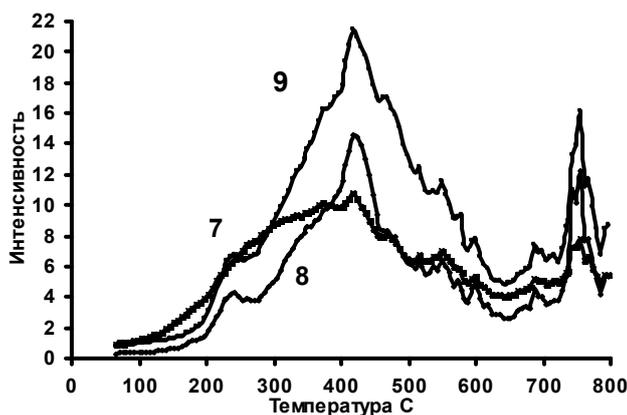
масс-спектрометра, либо как атмосферного интервента в исходный порошок (перед спеканием) или в уже консолидированный продукт между спеканием и масс-спектрометрией.



а



б



в

а: 1 –  $m/z$  15, 16; 2 –  $m/z$  17; 3 –  $m/z$  18; 4 –  $m/z$  19

б: 5 –  $m/z$  28; 6 –  $m/z$  29; в: 7 –  $m/z$  27; 8 –  $m/z$  39; 9 –  $m/z$  40, 41, 42

Рисунок 2 – Термодесорбционные спектры

Наличие на спектрограмме  $\text{NH}_3^+$  ( $m/z$  17) термодесорбционного пика симметричной формы при  $370^\circ\text{C}$  (рис. 2а, спектрограмма 2) свидетельствует об образовании аммиака из поверхностных N, H-содержащих групп и, соответственно, об их наличии на поверхности образца. Небольшая интенсивность десорбции газов с  $m/z$  15-17 указывает на то, что азот мог быть абсорбирован на поверхность исходной порошковой смеси WC-Co как составляющая воздуха и/или в процессе твердосплавного спекания из исходно не полностью осушенного водорода.

Спектр десорбции ионов  $m/z$  27 (рис. 2в, спектрограмма 7) с повышенной интенсивностью в температурном диапазоне примерно  $200\text{-}600^\circ\text{C}$

и максимумом скорости выделения при 410°C характерен для масс-спектров ненасыщенных углеводородов. Поэтому его можно отнести к иону или, точнее, к одновалентному ион-радикалу  $C_2H_3^+$  (виниловой группе  $\cdot CH=CH_2$  по [16]). Можно предположить, что он определился из выхода на исследуемую поверхность образца С, Н-содержащих газов, включающих *этилен*  $C_2H_4$  (*этен* в номенклатуре IUPAC [17]).

Обращает на себя внимание относительно высокая интенсивность десорбции газов с  $m/z$  28 и 29, особенно в интервале 600-800°C (рис. 2б), что характерно для масс-спектров выделяющихся из объемов образца алканов. В данном случае – соответственно для ионов ациклических насыщенных углеводородов  $C_2H_4^+$  (представляющих этилен  $H_2C=CH_2$ ) и  $C_2H_5^+$  (представляющих этиловую группу  $\cdot CH_2CH_3$  по [16]). Предположительным путем образования этих алифатических соединений является взаимодействие водорода, в атмосфере которого производится спекание, с карбидом вольфрама WC, из-за чего происходит обезуглероживание твердого сплава [9, 12]. По-видимому, также с одновременной экспансией семикарбида вольфрама, по аналогии с захватом углерода активным кислородом в процессах электроконсолидации под давлением с прямым токоподводом к спекаемой порошковой смеси WC-Co [11]. При этом стоит заметить, что максимальная интенсивность выхода этилена, идентифицируемого рассмотренным выше спектром десорбции ионов  $m/z$  28 (рис. 2б, спектрограмма 5), примерно в 30 раз, т.е. весьма существенно (как и следовало ожидать), превосходит максимальную интенсивность выхода производного от него одновалентного радикала, идентифицированного ионом  $C_2H_3^+$  с  $m/z$  27 (рис. 2в, спектрограмма 7).

Схожая форма спектрографических кривых на рис. 2в для идентифицированного выше присутствия  $C_2H_3^+$  (спектрограмма 7) и для газов с  $m/z$  39-42 (спектрограммы 8 и 9) указывает на расширение гаммы углеводородов в газовом содержимом исследуемого продукта спекания. Это позволяет предположить, что спектры с  $m/z$  39-42 относятся к алленам, а именно к ионному присутствию соответственно пропина  $\cdot C\equiv CCH_3$  и (или) пропаргила  $\cdot CH_2C\equiv CH$ , являющихся стереоизомерами (этантимерами)  $C_3H_3$  с различной абсолютной конфигурацией, переданной здесь в терминологии и формульных идентификаторах согласно универсальной стереохимической номенклатуре по Кану – Ингольду – Прелогу [16] ( $m/z$  39); пропина  $C_3H_4$  или, точнее,  $H_2C=C=CH_2$  ( $m/z$  40); ряда или одного из изомеров [18]  $C_3H_5$ , например, пропина  $\cdot CH=CHCH_3$  [16] ( $m/z$  41) и, наконец, принадлежащего к этиленовому ряду  $C_nH_{2n+2}$  *пропилена*  $C_3H_6$ , он же *пропен* в но-

менклатуре [17] ( $m/z$  42). При этом широкий (150-600°C) температурный интервал, с максимумом десорбции примерно при 400°C, указывает на то, что она происходит из объема образца с диффузионными осложнениями.

Водородная среда формирования карбидной структуры вольфрамокобальтовых твердых сплавов, в частности поддерживающая установленное здесь их дополнение пропиленом (пропенем), альтернативно заполнению пор реактантами конвенциональных газовойоздушных условий выгодно для функциональных свойств WC-Co инструментальной керамики сдерживает разуглероживание и абсолютное присутствие в ней семикарбида  $W_2C$ , уменьшает “  $W_2C$ -to-WC ratio” [19]. Очевидно, что не менее конкурентно то же следует в отношении НРНТ-технологий, интенсифицированных прямым токоподводом к спекаемому консолидату [11] и реализуемых в конвенциональных газовойоздушных условиях. Это дополнительно актуализирует развитие исследований по разработке технологий вольфрамовых твердых сплавов, основанных на их спекании в среде водорода, освоенном в Институте сверхтвердых материалов им. В.Н. Бакуля [20].

#### *Выводы*

Результаты проведенного термодесорбционного газового масс-спектрального анализа сплава WC-10Co, спеченного в среде водорода, подтверждают работоспособность рассмотренного подхода к решению проблемы порообразования в технологиях порошковой металлургии высокоплотных твердых сплавов. Проведенный при нагреве до 800°C в вакууме  $10^{-5}$  Па отжиг обладает высоким потенциалом вытеснения газов из продукта спекания, сопровождаемого рекристаллизационными процессами подавления пористости в объеме подвергаемого постметаллургическому термическому процессированию твердого тела.

Среди газовых структур с соотношением массы иона к его заряду в пределах от 15-ти до 42-х, выявленных масс-спектрометрией образцов сплава WC-10Co, спеченных в среде водорода, помимо водяных паров в интервале 40–800°C установлена десорбция ионов аммиачных, алкановых и алкиновых газов и идентифицированы соответствующие поливарианты двухэлементных ионных композиций  $NH_x^+$  и  $C_xH_y^+$ .

Выполненные термодесорбционные исследования газового содержания вольфрамокобальтового твердого сплава, спекаемого без прямого действия электрического тока и участия кислорода, а также электроразрядного озона, являющихся сильнейшими, промышленно значимыми окислителями, потенциально с повышенной активностью, как показано в [11], участвующих в реформировании газового наполнения объемов пористости, осо-

бенно закрытых, проведены в газовом спектре, соответственно ограниченном монополией менее активного водорода, известное крайне незначительное (порядка  $5 \cdot 10^{-5}$  об. %) присутствие которого в воздухе все же позволяет рассматривать представленные здесь результаты и как прямую информационную качественную элементную базу потенциальных данных особо тонких количественных оценок термодесорбционных процессов отжига таких сплавов, спеченных и в газовой среде.

Полученные результаты дополняют объяснения экспансии семикарбида вольфрама в вольфрамокобальтовых продуктах электроконсолидации дополнительной термоактивацией компактирования, вызываемой электроразрядными эффектами подавления пористости в процессах спекания под давлением с прямым токоподводом, сопровождающихся частичным обезуглероживанием твердого сплава с образованием оксидов углерода в газовой среде [11], или, в рассмотренном здесь случае вакуумного отжига после спекания в среде водорода, – с образованием летучих углеводородов и азото-водородных газовых выделений.

Идентификацию поливариантов двухэлементных ионных композиций  $\text{NH}_x^+$  и  $\text{C}_x\text{H}_y^+$  в термодесорбционной газовой среде содержащего спеченного в среде водорода вольфрамокобальтового сплава в отношении газовых продуктов электроконсолидации под давлением [8] в газовой или недостаточно вакуумированной среде можно рассматривать и как логическую поддержку ожидания двухатомных молекулярных аналогов вида  $\text{CO}_x$ , как это показано в прогностических цепочках химических реакций [11], и даже как вероятностное предвосхищение азото-окисного присутствия вида  $\text{NO}$  в результате, например, окисления электроразрядным озоном из представленных здесь исследований потенциально возможного в газовой среде пор аммиака.

Проведенные исследования в необходимых случаях позволяют рекомендовать включение в технологический цикл производства твердых сплавов, основанный на спекании в газовой среде, операцию вакуумной очистки термодесорбционным отжигом.

**Список использованных источников:** 1. *Groza J. R. Nanocrystalline Powder Consolidation Methods // Nanostructured Materials: Processing, Properties and Potential Applications / Ed. by C. C. Koch. – Norwich, N.Y., U.S.A.: Noyes Publications, William Andrew Publishing, 2002. – pp.115-178.* 2. *Геворкян Е. С. Щільні та поруваті конструкційні матеріали з нано- та субмікронних порошків WC, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> і SiC поліфункціонального призначення: дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.11 – Технологія тугоплавких неметалічних матеріалів. – Харків, 2008. – 289 с.* 3. *Tungsten carbide cutting tool materials / V. Yu. Kodash, E. S. Gevorkyan. – U.S. Pat. No.6617271, Sept. 9, 2003.* 4. *Hwan-Cheol K., In-Jin S., Jin-*

*Kook Y.* Consolidation of ultrafine WC and WC-Co hard materials by pulsed current activated and its mechanical properties // International Journal of Refractory Metals and Hard Materials. – 2007. – Vol.25. – No.1. – PP. 46-52. **5. Геворкян Э. С., Гуцаленко Ю. Г., Прокопив Н. М.** Влияние наноразмерных частиц монокарбида вольфрама на свойства твердосплавных режущих материалов // Сб. научн. трудов ОАО "УкрНИИО им. А.С. Бережного". №110. – Харьков: Изд-во „Каравелла”, 2010. – С. 313-318. **6. Геворкян Э. С., Гуцаленко Ю. Г.** Подбор оптимальных режимов горячего прессования нанопорошковых смесей  $Al_2O_3$ -WC для инструментальных применений // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2010. – № 5/1(47). – С. 70-71. **7. Райченко А.И.** Основы процесса спекания порошков пропусканием электрического тока. – М.: Металлургия, 1987. – 128 с. **8. Геворкян Э.С., Гуцаленко Ю.Г.** Особенности и место электроконсолидации прямым действием переменного тока в системе методов субмикро- и нанопорошкового спекания под давлением // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т». Темат. вип.: Технології в машинобудуванні. – 2010. – № 49. – С. 144-161. **9. Панов В.С., Чувилин А.М., Фальковський В.А.** Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них. – М. МИСиС, – 2004. – 464 с. **10. Microstructural Analysis of Hardmetal Using WC Nanometric Powders / H.C.P. Oliveira, L.H.F. Borges, R.C. Tardim, M.S. Freitas, G.S. Bobrovnitchii, M. Filgueira // Materials Science Forum. – Vols. 660-661 (2010). – PP. 145-151. – Online since 2010/Oct./25 at [www.scientific.net](http://www.scientific.net) . **11. Геворкян Э.С., Гуцаленко Ю.Г.** Генезис экспансии семикарбида вольфрама в вольфрамокерамических инструментальных композитах горячего прессования с электроконсолидацией нанопорошков на монокарбидной основе // Вісн. Нац. техн. ун-ту «Харк. політехн. ін-т». Темат. вип.: Технології в машинобудуванні. – 2010. – № 53. – С. 19-30. **12. Прокопив М.М., Харченко О.В., Сердюк Ю.Д.** До питання структури твердих сплавів групи WC-Co після спікання у газовому середовищі // Сверхтвердые материалы. – 2010. – № 2. – С. 96–98. **13. Черемской П.Г., Слезов В.В., Бетехтин В.И.** Поры в твердом теле. – М.: Энергоатомиздат, – 1990. – 375 с. **14. Прокопив М.М., Харченко О.В.** Вплив відпаду у вакуумі сплаву ВК100М, спеченого в метано-водневому середовищі, на його структуру, фізико-механічні властивості, кінетику зносу в умовах різання // Породоразрушающий и металлообрабатывающий инструмент – техника и технология его изготовления: Сб. науч. тр. – Киев: Ин-т сверхтверд. материалов, 2009. – Вып. 12. – С. 315-321. **15. Богданов Д.Г., Макаров С.В., Плотников В.А.** Десорбция примесей при нагреве детонационного наноалмаза // Письма в ЖТФ. – 2012. – Т. 38. – Вып. 4. – С. 89-95. **16. Cahn R.S., Ingold C.K., Prelog V.** Specification of molecule chirality // Angew. Chem., Int. Ed. Engl. – Vol. 5 (1966). – No. 4. – PP. 385-415. **17. A Guide to IUPAC Nomenclature of Organic Compounds: Recommendations 1993 / Prepared for publication by R. Panico, W.H. Powell and J.-C. Richer (Ed.). – Oxford.: Blackwell Science. – 1993. – 190 p. **18. Froelicher S.W., Freiser B.S., Squires R.R.**  $C_3H_5$ -isomers. Experimental and theoretical studies of tautomeric propenyl ions and cyclopropyl anion in the gas phase // J. Am. Chem. Soc. – Vol. 108 (1986). – No. 11. – PP. 2853-2862. **19. Dosta S., Miguel J.R., Guilemany J.M.** Nanostructured Cermet Coatings with Enhanced Properties Produced by HVOF Thermal Spray // Materials Science Forum. – Vols. 587-588 (2008). PP. 1024-1028. – Online since 2008/Jun./17 at [www.scientific.net](http://www.scientific.net) . **19. Бондаренко В.П., Павлоцкая Э.Г.** Спекание вольфрамовых твердых сплавов в прецизионно контролируемой газовой среде. – Киев: Наук. думка, 1995. – 203 с.****

**В.М. ТОНКОНОГИЙ**, д-р техн. наук,  
**В.Д. ГОГУНСКИЙ**, д-р техн. наук,  
**И.И. СТАНОВСКАЯ**, Одесса, Украина

## **ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЯ О ВЫБОРЕ СПОСОБА ЛИТЬЯ В НЕЧЕТКИХ УСЛОВИЯХ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Запропонована методика визначення доцільності вибору способу лиття для конкретного виливка, що дозволяє робити відбір техпроцесу, який забезпечить добру якість виливків і принесе прибуток як ливарному підприємству, так і підприємствам, що виготовляють литі деталі та експлуатують обладнання, куди вони входять як складові частини.

Предложена методика определения целесообразности выбора способа литья для конкретной отливки, позволяющая производить отбор техпроцесса, который обеспечит хорошее качество отливок и принесет прибыль как литейному предприятию, так и предприятиям, изготавливающим литые детали и эксплуатирующим оборудование, куда они входят в качестве составных частей.

The technique of the molding mode choice expediency definition for the concrete casting is offered, allowing to make takeoff of technical process which will provide high quality moulds and the profit both to the foundry enterprise, and the enterprises making cast details and maintaining the equipment where they enter as components will make.

Технологическая подготовка современного литейного производства предполагает на самых ранних (а значит, и наиболее ответственных!) стадиях принятие решения о целесообразности выбора способа литья, которых в настоящее время насчитывается более ста [1]. Конечно, возможности конкретного предприятия чаще всего ограничиваются тремя – пятью способами, но и в этих условиях выбор представляет определенные трудности и предполагает большую ответственность технолога. Автоматизация на этом этапе связана с решением задачи при весьма нечетких исходных данных, связанных, как с весьма приблизительными, «лингвистическими» характеристиками будущего производства, так и с крайней нечеткостью самих понятий «целесообразность» и «нецелесообразность» [2, 3].

Рассмотрим процесс принятия решения о целесообразности выбора конкретного способа литья, как решение уравнения:

$$y = f_y(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1)$$

где  $y$  – некоторая выходная переменная, однозначно определяющая принятое решение;  $x_1, x_2, \dots, x_n$  – входные переменные, на основании которых, собственно, и базируется решение.

Для качественных переменных  $x_i \div x_n$  и  $y$  предполагается, что известны множества всех возможных значений:

$$U_i = \{v_i^1, v_i^2, \dots, v_i^{q_i}\}, \quad i = \overline{1, n}; \quad (2)$$

$$Y = \{y^1, y^2, \dots, y^{q_m}\}, \quad (3)$$

где  $v_i^1(v_i^{q_i})$  – балльная оценка, соответствующая наименьшему (наибольшему) значению входной переменной  $x_i$ ;  $y^1(y^{q_m})$  – балльная оценка, соответствующая наименьшему (наибольшему) значению выходной переменной  $y$ ;  $q_i, \quad i = \overline{1, n}$  и  $q_m$  – мощности множеств (2) и (3) [4].

Рассмотрим простой пример. Пусть выбор осуществляется из трех вариантов при наличии пяти исходных лингвистических показателей. В этом случае фаззификация переменных позволила получить следующие лингвистические оценки и необходимые для их формализации функции принадлежности.

Во множестве из  $n$  переменных, принимаемых во внимание при принятии решения о целесообразности покрытия, пять можно отнести к лингвистическим качественным:  $x_1$  – тип производства;  $x_2$  – требования к точности и качеству поверхности;  $x_3$  – материал отливки;  $x_4$  – конфигурация отливки;  $x_5$  – габарит отливки. В нашем случае  $n = 5$ , и другие параметры при выборе не рассматриваются. Выходная переменная  $y$  соответствует принятию решения о целесообразности выбора того или иного способа литья из трех доступных в конкретном производстве.

Для оценки лингвистических переменных  $x_i, \quad i = \overline{1, 5}$  и  $y$  используются качественные термы из следующих терм-множеств:

$$A_i = \{a_i^1, a_i^2, \dots, a_i^{l_i}\} \text{ – терм-множество переменной } x_i, \quad i = \overline{1, 5};$$

$$D = \{d_1, d_2, \dots, d_m\} \text{ – терм-множество переменной } y,$$

где  $a_i^p$  –  $p$ -й лингвистический терм переменной  $x_i$ ;  $p = \overline{1, l_i}, \quad i = \overline{1, n}$ ;  $d_j$  –  $j$ -й лингвистический терм переменной  $y$ ;  $m$  – количество различных решений в рассматриваемой области. Предложены следующие терм-множества:

$$\begin{aligned}
A_1 &= \{a_1^1 - \text{массовое (М)}, a_1^2 - \text{крупносерийное (К)}, a_1^3 - \text{серийное (С)}, \\
&\quad a_1^4 - \text{индивидуальное (И)}\}; \\
A_2 &= \{a_2^1 - \text{низкие (Н)}, a_2^2 - \text{средние (С)}, a_2^3 - \text{высокие (В)}, \\
&\quad a_2^4 - \text{прецизионные (П)}\}; \\
A_3 &= \{a_3^1 - \text{сталь (С)}, a_3^2 - \text{чугун (Ч)}, a_3^3 - \text{бронза (Б)}, a_3^4 - \text{алюминий (А)}\}; \\
A_4 &= \{a_4^1 - \text{простая (П)}, a_4^2 - \text{средняя (С)}, a_4^3 - \text{сложная (Ж)}, \\
&\quad a_4^4 - \text{очень сложная (Ч)}\}; \\
A_5 &= \{a_5^1 - \text{мелкие (М)}, a_5^2 - \text{средние (С)}, a_5^3 - \text{крупные (К)}\}; \\
D &= \{d_1 - \text{песчано-глинистые формы}, d_2 - \text{песчано-смоляные формы}, \\
&\quad d_3 - \text{кокиль}\}.
\end{aligned}$$

Как известно [4], в случае качественных лингвистических переменных  $x_i$  и  $y$  нечеткие множества  $a_i^p$  и  $d_j$  определяются так:

$$a_i^p = \sum_{k=1}^{q_i} \mu^{a_i^p}(v_i^k) / v_i^k; \quad d_j = \sum_{r=1}^{q_m} \mu^{d_j}(y^r) / y^r, \quad (4)$$

где  $\mu^{a_i^p}(v_i^k)$  – степень принадлежности элемента  $v_i^k \in U_i$  терму  $a_i^p \in A_i$ ,  $p = \overline{1, l_i}, i = \overline{1, n}, k = \overline{1, q_i}$ ;  $\mu^{d_j}(y^r)$  – степень принадлежности элемента  $y^r \in Y$  терму-решению  $d_j \in D$ ;  $j = \overline{1, m}$ ;  $U_i$  и  $Y$  определяются соотношениями (2) и (3). В соотношениях (4) знаки суммы обозначают объединение пар  $\mu(u) / u$ . Для построения нечеткой базы знаний, необходимой для решения уравнения (1), выполнена экспертная оценка комбинаций значений входных переменных с одновременной оценкой функции принадлежности  $\mu^{a_i^p}(x_i)$ .

Результаты оценки сведены в матрицу знаний, фрагмент которой приведен в таблице.

Размерность матрицы равна  $(n+1) \times N$ , где  $(n+1)$  – количество столбцов, а  $N = k_1 + k_2$  – количество строк; первые 5 столбцов матрицы соответствуют входным переменным  $x_i$ ; а 6-й столбец соответствует значениям  $d_j$  выходной переменной  $y_j, j = \overline{1, 2}$ .

Каждая строка матрицы представляет некоторую комбинацию значений входных переменных, отнесенную экспертом к одному из возможных значений выходной переменной  $y$ . Матрица знаний определяет нечеткую базу знаний в виде системы логических высказываний типа «ЕСЛИ-

ТО, ИНАЧЕ», связывающих значения входных переменных  $x_1 - x_n$  с одним из возможных типов решения  $d_j, j = \overline{1, m}$ :

Фрагмент матрицы знаний

Номер комбинации входных переменных	Входные переменные					Выходная переменная (способ литья)
	Тип производства	Точность и качество поверхности	Материал отливки	Конфигурация отливки	Габарит отливки	
1.1	К	Н	С	С	С	песчано-глинистые формы
1.2	С	С	Ч	П	С	
1.3	С	С	Ч	С	М	
1.4	К	С	С	П	С	
1.5	И	С	Ч	С	К	
...						
2.1	К	В	С	П	М	песчано-смоляные формы
2.2	С	С	С	С	М	
2.3	С	В	Б	Ж	С	
2.4	К	В	С	С	М	
2.5	С	В	Б	П	М	
...						
3.1	М	П	А	С	М	кокиль
3.2	М	П	А	С	С	
3.3	К	В	Б	П	М	
3.4	М	В	А	С	М	
3.5	К	П	А	С	С	
...						

где  $d_j (j = \overline{1, 2})$  – лингвистическая оценка выходной переменной  $y$ , определяемая из терм-множества  $D$ ;

$a_i^{jp}$  – лингвистическая оценка входной переменной  $x_i$  в  $p$ -й строке  $j$ -й дизъюнкции, выбираемая из соответствующего терм-множества  $A_i, i = \overline{1, 5}; j = \overline{1, 2}; p = \overline{1, k_j}$ ;

$k_j$  – количество правил, определяющих значение выходной переменной  $y = d_j$ .

База знаний может быть представлена в виде уравнения:

$$\bigcup_{p=1}^{k_j} \left[ \bigcap_{i=1}^n (x_i = a_i^{jp}) \right] \rightarrow y = d_j, j = \overline{1, 2}. \quad (5)$$

Таким образом, искомое соотношение (1), устанавливающее связь между входными параметрами  $x_i$  и выходной переменной  $y$ , формализовано в виде системы нечетких логических высказываний, которая базируется на приведенной матрице знаний (табл.) [2].

Функция принадлежности  $\mu^T(x)$  характеризует субъективную меру (в диапазоне  $[0,1]$ ) уверенности эксперта в том, что четкое значение  $x$  соответствует нечеткому терму  $T$ .

Будем считать известными множество решений  $D = \{d_1, d_2\}$ , соответствующих выходной переменной  $y$ , множество входных переменных  $X = (x_1, x_2, \dots, x_5)$ , функции принадлежности, позволяющие представлять переменные  $x_i, i = \overline{1, 5}$  в виде нечетких множеств, а также матрицу знаний.

Для разработки алгоритма принятия решения, позволяющего фиксированному вектору входных переменных  $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_5^* \rangle, x_i^* \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i]$  поставить в соответствие решение  $y \in D$ , строим систему нечетких логических уравнений на базе матрицы знаний или изоморфной ей базе знаний и вычисляем значения функций принадлежности различных решений при фиксированных значениях входных переменных объекта. В качестве искомого решения выбирается решение с наибольшим значением функции принадлежности.

Пусть  $\mu^{a_i^{jp}}(x_i)$  – функция принадлежности параметра  $x_i \in [\underline{x}_i, \overline{x}_i], i = \overline{1, 5}$  нечеткому терму  $a_i^{jp}; i = \overline{1, 5}; j = \overline{1, 2}; p = \overline{1, k_j}; \mu^{d_j}(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – зависящая от 5 переменных функция принадлежности вектора входных переменных  $X = (x_1, x_2, \dots, x_5)$  значению выходной переменной  $y = d_j; j = \overline{1, 2}$ .

Связь между этими функциями определяется нечеткой базой знаний и может быть представлена в виде следующих уравнений:

$$\begin{aligned} \mu^{d_1}(x_1, x_2, \dots, x_5) &= \mu^{a_1^{11}}(x_1) \wedge \mu^{a_2^{11}}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_5^{11}}(x_5) \vee \\ &\dots \vee \\ &\vee \mu^{a_1^{11}}(x_1) \wedge \mu^{a_2^{11}}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_5^{11}}(x_5); \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \mu^{d_2}(x_1, x_2, \dots, x_5) &= \mu^{a_1^{11}}(x_1) \wedge \mu^{a_2^{11}}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_5^{11}}(x_5) \vee \\ &\dots \vee \\ &\vee \mu^{a_1^{11}}(x_1) \wedge \mu^{a_2^{11}}(x_2) \wedge \dots \wedge \mu^{a_5^{11}}(x_5). \end{aligned} \quad (7)$$

Эти нечеткие логические уравнения получены из нечеткой базы знаний путем замены лингвистических термов  $a_i^{jp}$  и  $d_j$  на соответствующие функции принадлежности, а операций  $\cap$  и  $\cup$  на операции  $\wedge$  и  $\vee$ .

Принятие решения  $d^* \in D = \{d_1, d_2\}$ , которое соответствует вектору фиксированных значений входных переменных  $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_5^* \rangle$  осуществляется в соответствии со следующим алгоритмом.

Шаг 1. Фиксируется вектор значений входных переменных  $X^*$ .

Шаг 2. Задается функция принадлежности нечетких термов, используемых в нечеткой базе знаний и определяются значения этих функций для заданных значений входных переменных  $x_1^* - x_5^*$ .

Шаг 3. С использованием логических уравнений (6) и (7) вычисляются многомерные функции принадлежности  $\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_5^*)$  вектора  $X^*$  для всех значений  $d_j \in D$ ;  $j = \overline{1, 2}$  выходной переменной  $y$ . При этом логические операции И ( $\wedge$ ) и ИЛИ ( $\vee$ ) над функциями принадлежности заменяются на операции  $\min$  и  $\max$ :

$$\mu(a) \wedge \mu(b) = \min[\mu(a), \mu(b)]; \quad (8)$$

$$\mu(a) \vee \mu(b) = \max[\mu(a), \mu(b)]. \quad (9)$$

Шаг 4. Определяется значение  $d_j^*$ , функция которого максимальна:

$$\mu^{d_j^*}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_5^*) = \max_{j=1,2} (\mu^{d_j}(x_1^*, x_2^*, \dots, x_5^*)). \quad (10)$$

Это и будет искомым решением для вектора значений входных переменных  $X^* = \langle x_1^*, x_2^*, \dots, x_5^* \rangle$ .

Таким образом, предложенный алгоритм использует идею идентификации лингвистического термина по максимуму функции принадлежности и обобщает эту идею на всю матрицу знаний [2].

Вычислительная часть предложенного алгоритма реализована на матрице значений функций принадлежности, полученной из матрицы знаний путем выполнения операций  $\min$  и  $\max$ . Для получения достоверных результатов особое внимание уделяли формированию матрицы знаний, которая играет главную роль в определении целесообразности выбора конкретного способа литья. В данном случае при формировании матрицы знаний были проанализированы результаты лабораторных и производственных испытаний более 150 различных видов и типоразмеров отливок, произведенных на 12 предприятиях.

**Список литературы:** 1. Специальные способы литья: Справочник / В.А. Ефимов, Г.А. Анисович, В.Н. Бабич и др. – М.: Машиностроение, 1991. – 436 с. 2. Становский А.Л. Интеллектуальная поддержка принятия решений при инструментальном обеспечении производства / А.Л. Становский, В.М. Тонконогий, О.Е. Плачинда // Материалы Четвертой ежегодной Промышленной конференции «Эффективность реализации научного, ресурсного и промышленного потенциала в современных условиях». – Славское: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2004. – С. 207 – 210. 3. Налева Г.В. Проблема прийняття рішення при управлінні економікою підприємства / Г.В. Налева, В.М. Тонконогий, О.Л. Становський // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні проблеми економіки підприємства». – Том 1. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2003. – С. 86 – 88. 4. Ротштейн А.П. Интеллектуальные технологии идентификации: нечеткие множества, генетические алгоритмы, нейронные сети. – Винница: УНИВЕРСУМ-Винница, 1999. – 320 с.

*А.В. ФАДЕЕВ*, канд. техн. наук, Харьков, Украина

## **ТЕХНОЛОГИИ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Проведено огляд існуючих методів та обладнання для фінішних обробно-зачисних операцій при обробці прецизійних деталей ЛА. На основі аналізу публікацій за темою встановлено, що основним напрямом розвитку цього класу технології буде очищення поверхонь прецизійних деталей від корпускулярних забруднень. З урахуванням цього виділені методи, що найбільшою мірою задовольняють вимогам фінішної обробки деталей прецизійних механізмів ЛА. В якості найбільш перспективного методу обґрунтований вибір термоімпульсного способу фінішного очищення. Визначено пріоритетні завдання вдосконалення термоімпульсного обладнання з урахуванням вимог сучасного виробництва, що використовує інтегровані CAD / CAE-системи.

Проведен обзор существующих методов и оборудования для финишных отделочно-зачистных операций при обработке прецизионных деталей ЛА. На основе анализа публикаций по теме установлено, что основным направлением развития этого класса технологии будет очистка поверхностей прецизионных деталей от корпускулярных загрязнений. С учетом этого выделены методы, в наибольшей степени удовлетворяющие требованиям финишной обработки деталей прецизионных механизмов ЛА. В качестве наиболее перспективного метода обоснован выбор термоимпульсного способа финишной очистки. Определены приоритетные задачи совершенствования термоимпульсного оборудования с учетом требований современного производства, использующего интегрированные CAD/CAE-системы.

A review of existing methods and equipment for finishing and finishing operations in the stripping process of precision parts of the aircraft. Based on an analysis of publications on the topic found that the main focus of this class of technology will be cleaning the surfaces of parts of the corpuscular precision pollution. With this identified methods that best meet finish machining precision machinery LA. The most promising method chosen are final purification method. Identified priorities to improve equipment requirements of modern production, using integrated CAD / CAE-system.

### *Введение*

В последние годы в авиационно-космической промышленности четко обозначилась тенденция повышения требований к качеству деталей, полученных путем механообработки. Это оказывает существенное влияние не только на совершенствование процессов изготовления деталей, но и на оптимизацию их финишной отделки и очистки.

В последнее время в связи с миниатюризацией узлов, внедрением высокоточных электронно-механических механизмов, увеличением количества входящих деталей и сложности сборки различного рода прецизионных агрегатов ЛА все большее значение приобретают технологии очистки поверхностей от микрочастиц.

Особый интерес вызывают исследования, направленные на разработку автоматизированного оборудования для финишной обработки, методов научно обоснованного назначения режимов его работы и его интеграции в современное производство, комплексно использующего CAD/CAE – системы.

Поэтому целью настоящей работы является определение тенденций развития технологий финишной обработки, а также путей совершенствования методов очистки прецизионных деталей ЛА с учетом требований современного производства.

#### *Тенденции развития финишной технологий обработки*

Исследования в области выяснения механизмов образования заусенцев при механообработке и разработке оборудования для их удаления начали интенсивно проводиться с 1970-х годов. До этого времени было известно и применялось на практике только 17 из существующих на сегодня 120 методов удаления заусенцев, более 90% из всех публикаций в области механизмов образования и их удаления были написаны после 1989 года [1].

Факторами, оказавшими основное влияние на развитие технологий и оборудования для удаления заусенцев и финишной отделки кромок, являлись:

- улучшение инструментов механообработки;
- повышение точности деталей;
- причины формирования заусенцев;
- минимизация и предотвращение заусенцев;
- планирование обработки по качеству кромки;
- разработка стандартов качества кромок;
- улучшение процессов удаления заусенцев.

Первые два фактора показывают, насколько внедрение новых технологий может зависеть от субъективных обстоятельств. Дело в том, что довольно долго необходимость финишной обработки кромок отвергалась промышленностью. Необходимость замены инструмента по причине того, что он формирует все более крупные заусеницы, не была очевидной из-за кажущейся дороговизны. Ситуация радикально переменилась с массовым

распространением инструмента со сменными твердосплавными пластинами, когда такая замена значительно удешевилась и уже не вызывала отторжения.

Повышение требований к точности деталей также привело к изменению отношения к проблеме очистки кромок – даже небольшие заусенцы при ужесточении допусков могли создавать проблемы при сборке, а при эксплуатации приводить к повышенному износу или даже заклиниванию прецизионных пар.

Параллельно интенсивно развивались исследования в области влияния качества финишной отделки кромок на эксплуатационные характеристики механизмов. Так, например, внедрение рекомендаций исследовательской группы Takazawa по качеству кромок, позволили поднять объемный КПД кондиционеров на 5 ... 15% [2]. Впоследствии была установлена связь качества финишной отделки кромок с ресурсными характеристиками и на сегодняшний день необходимость этих операций принята промышленностью и подтверждена соответствующими стандартами.

Исследования механизмов образования заусенцев и возможностей их минимизации были начаты в начале 70-х годов в США (Cillespie [3]), Германии (Schafer [4]) и Японии (Takazawa [5]). Наибольших результатов в области описания условия возникновения заусенцев на основе численного моделирования добился исследовательский коллектив Университета Беркли (Dornfeld и группа CODEF).

На рис. 1 в качестве примера приведены результаты моделирования образования заусенца при сверлении, выполненного исследовательской группой CODEF [6].

Стратегия в этом направлении заключалась в лозунге: "Если у Вас нет заусенцев, Вам не нужно их удалять". Конечно, такая цель является идеализированной, так как полностью избавиться от заусенцев в процессах механообработки невозможно. Однако, принцип предотвращения образования заусенцев в труднодоступных местах, пере носа их в процессе обработки на внешние кромки, с которых они могут быть легко удалены, минимизация величины заусенцев – эти направления совершенствования процессов изготовления механообработки оказались вполне успешными.

В качестве примера, на рис. 2 приведены результаты исследований, полученные для оптимизации траектории инструмента с целью уменьшения величины заусенцев на кромках при торцевом высокоскоростном фрезеровании, на основании алгоритма, предложенного в [7] (CODEF).

На рис. 3 приведены фотографии кромок обработанной детали для двух траекторий фрезы, представленных на рис. 2. Результаты были получены при одинаковых режимах резания одинаковыми фрезами. Из-за увеличения длины пути инструмента, время фрезерования в оптимизированном варианте увеличилось с 4,7 до 5,3 сек [8].

Такое увеличение времени обработки выглядит совершенно незначительным, особенно с учетом существенно сокращения длительности финишной отделки кромок из-за практически устраненных заусенцев на детали. Акцентируем внимание на том, что для рассматриваемого примера обработка кромок все еще необходима исходя из заданного их качества.

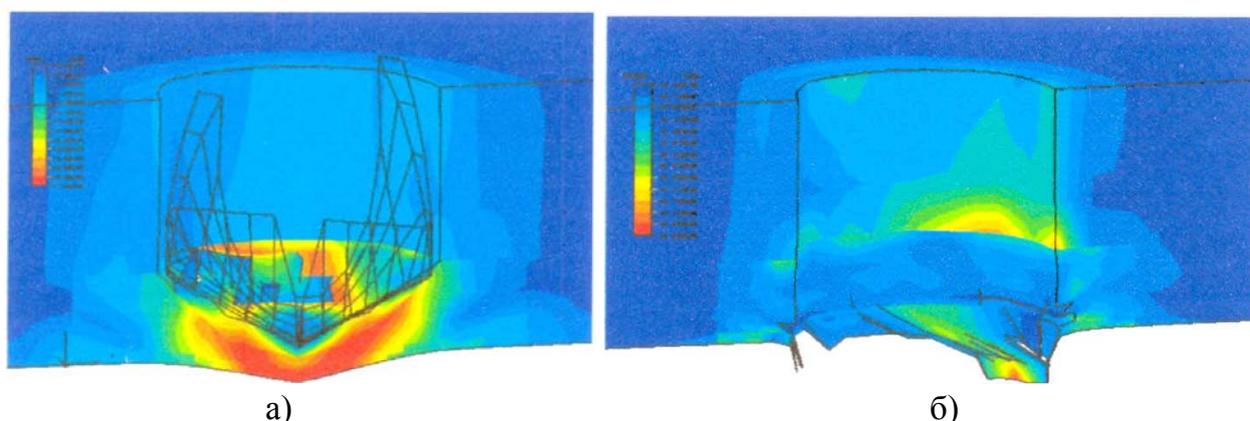


Рисунок 1 – Стадии формирования заусенца при сверлении (МКЭ моделирование): а) - начало выхода сверла; б) - окончательный вид заусенца

В результате проведения численного моделирования и факторных экспериментов были установлены зависимости для оценки величины заусенцев с учетом материала детали, режимов обработки, характеристик инструмента. На основе этих результатов CODEF заявила о разработке экспертной WEB системы для прогнозирования места, типа и размеров заусенцев при различных видах обработки (следует заметить, что попытки авторов воспользоваться этой системой окончились безрезультатно - портал не работает, поэтому скорее на сегодня можно говорить о попытке создания такого сервиса).

Выяснение механизмов образования заусенцев дало возможность управлять процессом их образования.

Создание стандартов, связанных с качеством кромок – еще одна задача, которая решалась совместными усилиями исследователей, промышленности и государственных. В этом направлении достигнуты определенные успехи, хотя введенные до настоящего времени стандарты касаются терминов, связанных с отделкой кромок [9]. Ряд фирм выпустили корпоративные стандарты качества кромок. Япония, КНР, Южная Корея и Герма-

ния готовят международный стандарт, который должен быть введен в ближайшее время.

Известно о работах по подготовке государственного стандарта, ведущихся в США. эта работа осложняется тем, что как указывает Gillespie [10] из 42 недостатков детали, которых пользователь хотел бы избежать, 39 присутствуют на кромках и выбор метрик качества кромки не так прост.

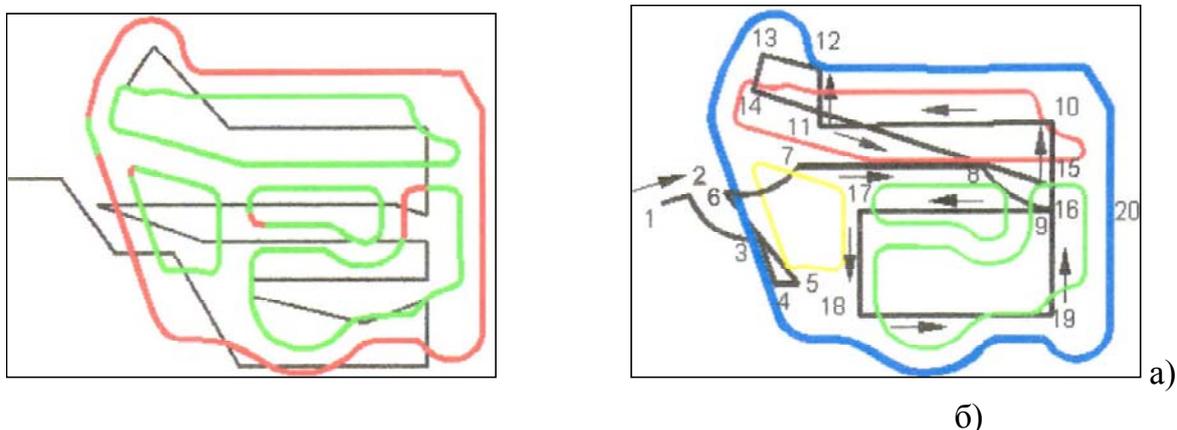


Рисунок 2 – Результаты оптимизации траектории инструмента по критерию размера заусенцев [8]: а) - исходная траектория фрезы; б) - траектория после оптимизации

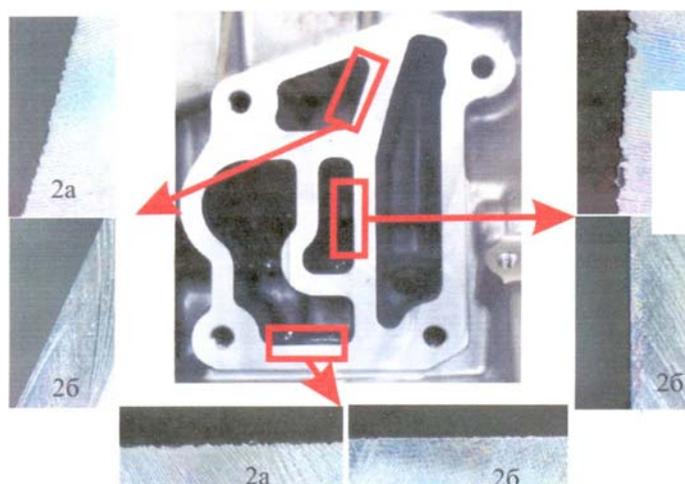


Рисунок 3 – Виды кромок детали после оптимизации траектории (согласно рис.2) [8]

К сожалению, следует отметить, что вопросы обеспечения качества кромок, а тем более очистки поверхностей от микрочастиц в отечественном машиностроении зачастую просто игнорируются, что оказывает непосредственное влияние на конкурентоспособность его продукции. Особенно это проявляется в моторостроении, производстве топливной аппара-

туры, арматуры гидравлических и пневматических систем, продукции точного машиностроения.

Невнимание к вопросам обоснованного выбора и обеспечения качества кромок распространено и в авиационно-космической промышленности. Так, например, считается необязательной обработка поверхностей после электроискровой и лазерной обработки на современных станках с ЧПУ. Для того чтобы показать ошибочность таких представлений, приведем данные одного из ведущих производителей оборудования для финишной обработки прецизионных деталей – фирмы Extrudehone (США).

В рекламных материалах фирмы приводятся результаты измерения коэффициентов расхода в топливных форсунках с отверстиями, полученными электроискровым методом без финишной обработки и с обработкой на экструзионно-абразивном оборудовании, выпускаемом фирмой. Прецизионное профилирование отверстия после финишной обработки повышает точность обеспечения массового расхода с  $\pm 6\%$  до  $\pm 1\%$ , а с этой характеристикой непосредственно связана топливная эффективность двигателя.

Как уже отмечалось выше, на сегодняшний день известно около 120 методов удаления заусенцев и финишной обработки кромок. К 2000 году в мире существовало около 1000 фирм, производящих оборудование для этих целей или предлагающих услуги, связанные с финишной обработки.



Рисунок 4 – Современное автоматизированное оборудование установки для финишной обработки:

- а) - установка для электрохимической обработки фирмы Extrudehone (США);
- б) - установка для термохимической обработки фирмы BOSH (ФРГ)

Общей чертой современного оборудования для финишной обработки прецизионных деталей является наличие систем ЧПУ (рис. 4), гибкость, быстрая переналаживаемость. В целом существующее оборудование позволяет проводить эффективную обработку кромок практически всей номенклатуры деталей машиностроения.

Для прецизионных деталей ЛА характерны глубокие отверстия малых диаметров (0,4 ... 1,5 мм), пересекающиеся каналы с расточками и карманами. Дополнительные трудности при обработке вызывают высокие требования к точности их изготовления.

Типичными для таких деталей являются отклонения от геометрической формы прецизионных пар - 1 ... 3 мкм; допуск на зазор в пределах 2 .. 4 мкм; шероховатость от 3,2 ... 0,8 мкм для соединительных каналов и до 0,04 мкм для плунжерных золотниковых пар и др. Для их изготовления используются высоколегированные сплавы и стали, алюминиевые сплавы, имеющие различную твердость. В конструкции прецизионных деталей все чаще применяются сразу несколько материалов (биметаллические детали, составные корпусные детали).

Из-за таких конструктивных особенностей для финишной обработки прецизионных деталей ЛА может применяться только несколько из разработанных на сегодня методов. В таблице 1 приведены сравнительные возможности этих методов для выполнения некоторых задач, характерных при изготовлении высокоточных деталей ЛА.

Анализ этих данных показывает, что выполнение полного комплекса операций по финишной отделке прецизионных деталей ЛА каким-либо одним из представленных методов, невозможно. Однако вряд ли можно представить себе деталь, для которой требуется выполнение всех операций, упомянутых в табл.1.

Наибольшее количество операций (7 из 10) может быть выполнено термоимпульсным и экструзионно-абразивным методом. Их комбинация покрывает все перечисленные операции за исключением обработки сверхмалых отверстий, для которой необходимо специализированное оборудование.

В связи с уже упоминавшейся тенденцией к миниатюризации узлов высокоточных механизмов, повышения сложности сборок и требований к точности входящих деталей все больший интерес стало вызывать еще одно направление финишной отделки – очистка поверхностей от корпускулярных загрязнений (микрочастиц, микрозаусенцев, молекулярных загрязнений и т.п.).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика методов финишной отделки прецизионных деталей ЛА

Типичные операции при финишной обработке прецизионных деталей ЛА	Экструзивно-абразивный	Магнитно-абразивный	Термохимический	Электрохимический	Термоимпульсивный
Очистка внутренних поверхностей (включая пересекающиеся отверстия)	•		•		•
Управление углом и радиусом кромки отверстий ( $\varnothing 1,5$ мм)	•		•	•	•
Управление углом и радиусом кромки отверстий ( $\varnothing < 1,5$ мм)	•	•		•	•
Формирование профиля отверстий для управления расходом	•	•			
Финишная обработка отверстий ( $\varnothing < 0,4$ мм)		•			
Очистка криволинейных и фасонных поверхностей	•		•	•	•
Очистка глухих отверстий					•
Финишная обработка сквозных отверстий ( $l/\varnothing > 5$ )	•				•
Удаление оплавленных слоев после лазерной и электроискровой обработки	•	•		•	
Финишная обработка прецизионных поверхностей		•		•	•

С учетом опыта развития технологий финишной обработки кромок, в настоящее время формулируются следующие направления исследований в этой области [11]:

- источники и механизм образования корпускулярных загрязнений;
- производственные и организационные меры их минимизации и предотвращения;
- разработка стандартов чистоты поверхности и средств метрологического оснащения;
- создание процессов и оборудования для очистки до заданного стандартами качества.

В качестве основного метода очистки поверхностей в настоящее время рассматривается воздействие потоком чистящей жидкости [12]. Такой метод весьма чувствителен к геометрии обрабатываемой детали, особенно для внутренних полостей и требует учета особенностей процесса очистки на самых ранних стадиях проектирования механизмов.

В настоящее время такие нормы проектирования существуют в виде самых общих рекомендаций, основанных на эмпирических данных. Группой CODEF планируется разработка инструментов автоматизированного проектирования процессов гидравлической очистки на основе моделирования процессов воздействия потока на загрязненную поверхность [11]. Дополнительной сложностью является влияние физико-химических, морфологических и механических свойств поверхности обрабатываемой детали на возможность перемещения и прилипания загрязняющих веществ при воздействии чистящей среды.

Исследования в области изучения механизмов образования микрочастиц при механообработке находятся на самой ранней стадии. Однако, по некоторым образования микрочастиц неизбежно происходит при любых видах резания, включая обработку абразивными частицами [13]. С этой точки зрения из всех методов, упомянутых в табл. 1 к образованию только два не приводят к дополнительным микрозагрязнениям при обработке - электрохимический и термоимпульсный метод.

Воздействие на деталь абразивными частицами, особенно при повышенных давлениях и скоростях несущего их потока, при обработке мягких материалов (алюминиевых сплавов, латуней) может привести к шаржированию поверхности (внедрению в нее абразивных микрочастиц).

Электрохимическая обработка позволяет удалить металлические микрочастицы, а термоимпульсная - микрочастицы любых материалов [13, 14]. С этой точки зрения термоимпульсный метод в наибольшей степени соответствует современным и вновь формирующимся требованиям по финишной отделке прецизионных деталей ЛА.

На основе приведенных данных, в качестве основных тенденций развития технологий финишной отделки прецизионных деталей можно выделить следующие:

- 1) для разработки технологий финишной отделки характерен системный подход, учитывающий основные факторы, определяющие качество обработки - изучение механизмов формирования заусенцев и загрязнений, разработку методов проектирования и производства с учетом требований их минимизации, создание стандартов качества, средств метрологического

контроля, совершенствование технологии и оборудования для финишной отделки;

2) развитие оборудования для финишной отделки идет в направлении создания автоматизированных комплексов, для которых режимы обработки задаются на основе математического моделирования процессов изготовления деталей и данных специализированных экспертных систем, среди которых в ближайшее время следует ожидать появления модулей, совместимых с наиболее распространенными CAD/CAM-системами;

3) в связи с ужесточением требований к точности деталей, входящих в прецизионные механизмы, к операциям финишной отделки будут выдвигаться все большие требования по управляемости процессов, установлению режимов обработки исходя из параметров качества кромок; следует ожидать появления требований, связанных с обеспечением разных параметров качества для различных кромок одной детали, что потребует создания более гибких процессов финишной отделки.

Дополнительные задачи, которые будут возникать в ближайшее время, могут быть связаны с разработкой технологий финишной обработки неметаллических деталей (из керамики, пластмасс, композиционных материалов).

#### *Перспективы развития термоимпульсной обработки*

Термоимпульсный метод финишной отделки был предложен в конце 1970-х годов в Харьковском авиационном институте и являлся развитием термохимического метода, разработанного фирмой BOSH (ФРГ). При термохимической обработке удаление заусенцев на кромках происходит за счет сгорания в газовой смеси с повышенным содержанием кислорода. Такой способ очистки не может применяться для обработки прецизионных деталей из-за осаждения на их поверхности окислов металла, возникающих при сгорании заусенцев (рис. 5,а), что требует дополнительного травления.

Широкое использование термоимпульсного оборудования для финишной отделки может существенно улучшить технические характеристики продукции отечественного машиностроения. Тем не менее, оно до сих пор не получило распространения. Не рассматривая различные организационные причины, связанные с этим, отметим некоторые недостатки существующего термоимпульсного оборудования, которые сдерживают его внедрение:

1) подбор режимов обработки для каждого из видов деталей основывается на аналитических зависимостях, полученных при существенных до-

пущениях, и требующих экспериментальной проверки; в условиях промышленного предприятия это требует больших затрат времени и ресурсов, что приводит к потере гибкости процесса;

2) применявшиеся в разработанных установках системы автоматики, исполнительные и измерительные устройства морально устарели, требуют настройки в ручном режиме, что не обеспечивает стабильности качества обработки.



до обработки



после обработки

а)



до обработки



после обработки

б)

Рисунок 5 – Детали, обработанные термическими методами:  
а) термохимическим; б) термоимпульсным

При термоимпульсной обработке удаление заусенцев и технологических загрязнений производится за счет быстротечного теплового воздействия высокой плотности. Часть топливной смеси сгорает в детонационном режиме, что приводит к резкой интенсификации процессов теплообмена

между деталью и продуктами сгорания. Выпуск продуктов сгорания производится в горячем состоянии, поэтому окислы и удаленные материалы не осаждаются на обрабатываемых поверхностях (рис. 5). Имеется положительный опыт использования этих технологий на серийных заводах, в том числе для очистки прецизионных деталей ЛА [14].

Для того чтобы быть конкурентоспособным, новое поколение термоимпульсного оборудования должно соответствовать тенденциям развития технологий финишной обработки, сформулированным выше. Таким образом, можно сформулировать следующие задачи для развития финишных термоимпульсных технологий.

Необходима разработка математических моделей рабочего цикла термоимпульсной обработки и создание на их основе метода автоматизированного проектирования технологических процессов в интегрированных CAD/CAE - системах. Соответствующее программное обеспечение должно быть совместимо по структуре данных с разрабатываемыми экспертными системами расчета величин заусенцев в зависимости от характеристик материала и режимов предшествующей обработки.

Необходимо радикально модернизировать системы дозирования энергии термоимпульсных установок, системы измерений и управления для повышения точности дозирования энергии необходимо создать математические модели работы исполнительных механизмов этих систем. На основе результатов моделирования и сравнения их с данными экспериментов разработать системы ЧПУ для термоимпульсного оборудования.

Разработать и реализовать программу экспериментальных исследований по изучению новых технологических процессов термоимпульсной обработки, включая обработку деталей из пластмасс, керамических и композиционных материалов. Исследовать возможности повышения точности и управляемости термоимпульсных процессов финишной отделки.

#### Выводы

1. Основными тенденциями развития оборудования финишной обработки прецизионных деталей являются создание автоматизированных комплексов, интегрированных со специализированными экспертными базами по определению размеров и места расположения заусенцев.

2. В ближайшее время к операциям финишной отделки будут ужесточаться требования по управляемости процессов, в том числе для обеспечения разных параметров качества для различных кромок одной детали, что потребует создания более гибких процессов финишной отделки.

3. В качестве наиболее перспективного метода финишной очистки обоснован выбор термоимпульсного метода. Определены приоритетные задачи его совершенствования с учетом требований современного производства, использующего интегрированные CAD/CAE -системы.

**Список использованных источников:** 1. Gillespie L. Your burr technology efforts changed the world / L. Gillespie - Deburring Technology International Inc, 2009. - 37p. 2. Takazawa K. Design Principle and Manufacturing Technique for the Rotary Compressor of Room Air Conditioner / K. Takazawa // 5th International conference on deburring and surface finishing: r.thesis Kansas City, MO - Deburring technology international, 1998. - P.35. 3. Gillespie L. The Formation and properties of machining burrs: MS. Thesis / Gillespie LaRoux.- Utah State University, Logan, Utah, 1973. -140p. 4. Product design influences on deburring: Society of Manufacturing Engineers (SME): Technical paper; F. Schafer-Dearborn, 1975. -117p. - MR75-483. 5. Takazawa K. Burr Technology / K. Takazawa-Tokyo: Asakura Bookstore Company, 1980. - 230p. 6. Burr prevention and minimization for the aero-space industry. Laboratory for manufacturing automation. Research reports 1999-2000. University of California, Berkeley. 2002.- P.4-9. 7. Optimization of the face milling process: tool path and tool design. Issues, Part 1. Algorithm and tool path design. Laboratory for manufacturing automation. Research reports 2001-2002. University of California, Berkeley. 2002.- P.61-68. 8. Tool path planning in conjunction with exit order sequence. Laboratory for manufacturing automation. Research reports 2001-2002. University of California, Berkeley. 2002.- P.30-35. 9. DIN ISO 13715 Technical drawings - Edges of undefined shape - Vocabulary and indication on drawings (ISO 13715:2000). 10. Gillespie L. Mass Finishing Handbook/ L. Gillespie - New York City:Industrial Press, 2006. - 276p. // Avila M Strategies for burr minimization and cleanliness in aerospace and automotive manufacturing / M Avila, J. Gardner, C. Reich-Weiser // SAE Transactions J. of Aerospace. - 2005. - 114 (1). P. 1073-1082. 12. Dornfeld D. Cleanability of mechanical components / D. Dornfeld, S. McMains, D. Arbelaez // Job of University of California, Berkeley. - 2008. - 12 p.

*М.Л. ШАБДИНОВ*, канд. пед. наук,  
*Г.М. ИЗМАИЛОВА*, канд. техн. наук,  
*Д.М. ПОЛЯХ*, Симферополь, Украина

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЗАГОТОВИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ**

У статті надаються проблемні питання механічної обробки виробів з титану і його сплавів, зокрема на заготівельних операціях по здобуттю великогабаритних заготовок. Розглядаються перспективні аспекти заміни технологій механічного різання на зварювальну. Як альтернативне пропонується газолазерне різання.

В статье представляются проблемные вопросы механической обработки изделий из титана и его сплавов, в частности на заготовительных операциях по получению крупногабаритных заготовок. Рассматриваются перспективные аспекты замены технологий механической резки на сварочную. В качестве альтернативной предлагается газолазерная резка.

In the article there are problem questions of tooling of wares from titan and his alloys, in particular on purveying operations on the receipt of large purveyances. The perspective aspects of replacement of technologies of the mechanical cutting are examined on welding. As an alternative the gas laser cutting is offered.

**Введение и постановка задачи.** Титановые сплавы находят все более широкое применение во многих отраслях машиностроительной индустрии. Особенно эффективно их используют в самолето-и судостроении, а также в космической промышленности, куда они пришли на смену алюминиевым сплавам. Связано это, в первую очередь с тем, что титан является таким же легким и коррозионостойким материалом как и алюминий. При этом, в сравнительном анализе он обладает более высокой удельной прочностью. Однако внедрение в производство технологий по получению заготовок из титановых сплавов сталкивается с рядом трудностей. Основные проблемы механической обработки возникают ввиду того что титан имеет высокий коэффициент трения и, как следствие, склонен к налипанию и задиранию [2]. Использование сварки, как основного метода соединения титановых изделий и получения соответствующих заготовок, также оказывается довольно затруднительным, так как титан обладает высокой химиче-

ской активностью, ввиду чего расплавленный металл шва взаимодействует с кислородом, азотом и водородом воздуха.

На сегодняшний день существует ряд технологий по механической обработке и сварке титана и его сплавов. Тем не менее, повышение их эффективности и внедрение новых технологий является одним из приоритетных направлений в развитии машиностроительной промышленности.

**Цель данной статьи заключается** в обосновании эффективности использования технологии газолазерной резки в получении крупногабаритных заготовок из титановых сплавов.

**Представление основного материала.** Как уже отмечалось выше, титан тяжело поддается механической обработке, т.к. из-за высокого коэффициента трения и низкой теплопроводности он склонен к налипанию и задиранию. Не менее примечательным является тот факт, что практически все металлы растворяются в титане, в результате чего образуется сплав титана и твердого материала режущего инструмента. Все это, естественно, ведет к быстрому износу последнего. Решение данных проблем успешно осуществляется посредством применения различного рода смазочно-охлаждающих жидкостей, включая жидкости на основе растительных масел [2]. Использование твердосплавного, карбидовольфрамового режущего инструмента повышает эффективность обработки. Важным является и правильный подбор режимов резания. Как правило, скорость резания и подача устанавливаются меньше, чем для нержавеющей сталей, обработка которых аналогична обработке титановых сплавов.

Однако указанные методы эффективны при механической обработке мелкогабаритных деталей из титановых сплавов. На заготовительных операциях, осуществляемых методом рубки или штамповки приходится сталкиваться с рядом как объективных, так и субъективных проблем. Рубку листового титана проводят на гильотинных ножницах с использованием ножей из инструментальной штамповой или конструкционной подшипниковой сталей. Склонность титана к налипанию и задиранию приводит к появлению наростов на рабочих поверхностях ножей и штампов, что способствует гораздо более быстрому выкрашиванию и, как следствие их изнашиванию, чем при обработке углеродистых сталей. Использование же твердосплавных ножей нецелесообразно. Во-первых, это не выгодно из экономических соображений, во-вторых, твердый сплав имеет низкую ударную вязкость, т.е., при ударных нагрузках он скалывается. Кроме того, получение габаритных заготовок из труднообрабатываемого титана методом рубки или штамповки, для последующей их сварки влечет за собой ряд дополнительных механических операций, таких как подготовка кромок.

Сегодня в машиностроении, для осуществления заготовительных операций крупногабаритных заготовок и соединения изделий из титана и его сплавов успешно используются ряд сварочных технологий. Основными из них являются автоматическая аргонодуговая сварка (ААрДС) и плазменно-дуговая сварка (ПДС), позволяющие получать удовлетворительное качество сварных соединений, но не решающие всех проблем, связанных со сваркой и заготовкой титановых изделий.

Об основной проблеме, с которой приходится сталкиваться при сварочной обработке титана уже говорилось в актуальности. Она заключается в его высокой химической активности, благодаря которой расплавленный металл шва взаимодействует с основными составляющими окружающего воздуха – кислородом, азотом и водородом. Взаимодействие с газами приводит к увеличению прочности и резкому снижению пластичности и ударной вязкости сварных соединений. Кроме того, при высоких температурах (до 300<sup>0</sup>С) титан имеет склонность к росту зерна и изменению микроструктуры, что также приводит к увеличению хрупкости сварного шва [1]. При этом, сам расплавленный металл жидкотекуч, шов хорошо формируется при всех способах сварки. Главную проблему создает высокая химическая активность, вызывающая необходимость постоянной защиты в зоне сварки металла, нагреваемого свыше 300<sup>0</sup>С.

Технологией альтернативной ААрДС и ПДС является лазерная термическая технология, характеризующаяся большой плотностью мощности в пятне нагрева, а также большими скоростями нагрева и охлаждения. Как следствие, все это сопровождается незначительным ростом зерна в зоне термического влияния (ЗТВ).

Для получения непрерывного излучения большей мощности (5, 10 кВт и более) применяют газоразрядные лазеры. Рабочим телом у них чаще всего является газ  $CO_2$ .

Большая плотность мощности, достигаемая в остросфокусированном лазерном луче (значительно выше, чем в сварочной дуге, и на порядок выше, чем в электронном пучке), позволяет получать особые эффекты при обработке материалов. Например, можно достичь скоростей нагрева несколько десятков и даже сотен тысяч градусов в секунду. Металл в этих условиях может интенсивно испаряться. Такие режимы и используют при резке или для прошивки отверстий

Интенсивный сосредоточенный нагрев обычно приводит и к чрезвычайно большой скорости охлаждения материала после прекращения воздействия луча. Можно создать условия охлаждения, при которых обрабатываемый металл после расплавления охлаждается так быстро, что процессы кристаллизации с образованием упорядоченной структуры происходить не успевают; при затвердевании образуется аморфный слой, обладающий специфическими свойствами..

Процессы лазерной технологии относительно просты в осуществлении, легко управляемы, а высокая пространственно-временная локализованность излучения и отсутствие механического воздействия пучка лазера на объект обработки позволяют реализовать различные уникальные операции: сварку, резку, скрайбирование, поверхностное упрочнение и другие операции, осуществляемые на легко деформируемых изделиях и деталях, в том числе и вблизи теплочувствительных элементов [1].

Сущность процесса лазерной резки состоит в локальном выплавлении материала под действием острогофокусированного луча и одновременно удаления расплава из зоны реза инертными нейтральными или активными газами, подаваемыми под давлением. Ширина реза может составлять 0,1-0,2 мм, при этом шероховатость поверхности незначительна [3].

Газолазерная резка производится на  $CO_2$ - лазере мощностью до 5 кВт. Для фокусировки излучения используется соляная линза из  $KCl$  с фокусным расстоянием 180 мм. В целях исключения газонасыщения кромок используется инертный газ (например, аргон). Схема подачи газа соосная, давление газа 0,5 МПа. Скорость резки 60-75 м/час. Диаметр режущего сопла 2 мм, расстояние от сопла до изделия выдерживается близким к 2 мм. Луч фокусируется на поверхность изделия. На рисунке представлена схема процесса газолазерной резки.

После газолазерной резки пластины, как правило, не имеют следов пластической деформации. Кромки реза блестящие и без следов окисления (с незначительным гратом на нижней кромке). Технология отработывалась в МГТУ им. Н.Э. Баумана на титановом сплаве ОТ4 [1].

Оценка качества поверхности реза осуществлялась по следующим параметрам: шероховатость, отклонение поверхности реза от перпендикулярности и величина зоны термического влияния.

Шероховатость кромки определялась с помощью контактного профилометра «Калибр-201» и соответствовала  $R_z$  27,5-31,6. Наибольшее отклонение поверхности реза от перпендикулярности при толщине разрезаемого материала 2 мм составила 0,05 мм. Ширина зоны термического влияния резов не превышала 0,30-0,35 мм. Структура этой зоны представляет собой игольчатый мартенсит. У кромки реза зерно более крупное, по мере приближения к основному металлу становится мельче. Микротвердость зоны термического воздействия, измеренная при нагрузке 0,5 Н соответствовала 2710-3230 МПа и практически не отличалась от микротвердости основного металла (2540-3210 МПа). Отставания нижней кромки реза не наблюдалось, риски на ней были практически вертикальными [1].

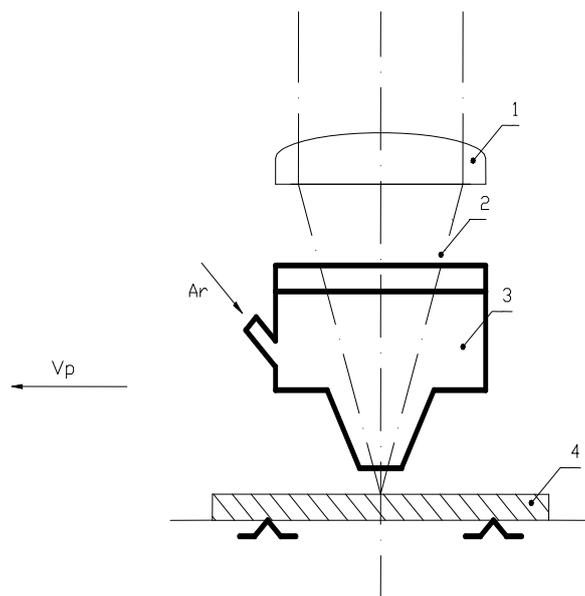


Рисунок – Схема газолазерной резки (1 – фокусирующая линза; 2 – лазерный луч; 3 – лазерная головка; 4 – образец).

Полученные газолазерной резкой пластины были впоследствии сварены автоматической аргодуговой, плазменно-дуговой и лазерной сварками. Качество реза позволило собрать заготовки под сварку с зазором не более 0,2 мм. Механические испытания сварных соединений на растяжение, изгиб и удар показали их высокие свойства. При этом, замена механической резки газолазерной позволяет уменьшить основное машинное время резки более чем в 8 раз и снизить общую трудоемкость изготовления сварного изделия в 4-5 раз [1].

**Выводы.** Лазерная термическая технология является одним из прогрессивных видов обработки материалов. Как показали представленные экспериментальные данные, ее использование на операциях получения крупногабаритных листовых заготовок из титановых сплавов дает положительный эффект не только по сравнению с механической резкой но и с аналогичными видами сварочных технологий. При этом, увеличение производительности и снижение трудоемкости процесса является одним из перспективных направлений развития данной технологии.

**Список использованных источников:** 1. Измаилова Г.М., Шабдинов М.Л. Лазерная термическая технология: сварка титанового сплава // Ученые записки Крымского государственного инженерно-педагогического университета. – 2004. – выпуск 5. – С. 15–18. 2. Кривоухов В.А. Обработка резанием титановых сплавов / В.А. Кривоухов, Д.М. Чубаров. – М.: «Машиностроение», 1970. – 180 с. 3. Лазерная техника и технология: В 7 кн. – Кн. 7. Лазерная резка металлов. Учебное пособие для вузов / Григорьянц А.Г., Соколов А.А. / Под ред. Григорьянц А.Г.:– М.: Высшая школа, 1988. – 127 с.

**В.Б. ШЕВЯКОВ, С.Ф. ПОДОЛЯН,**  
**В.Н. РУДЕНКО,** Одесса, Украина

## **МЕТОД ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПОЛЕЗНОЙ РАБОТЫ ИЗ ЭНЕРГИИ КОСМИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Практично реалізований і випробуваний метод одержання корисної енергії з навколишнього простору, що у кілька раз знижує споживання традиційних енергоносіїв. Запропонована наукова гіпотеза, яка спирається на численні наукові розробки та відкриття останнього десятиліття та пояснює як саме явище нетрадиційного енергозабезпечення, так і інші фізичні ефекти, що супроводжують це явище наприклад, ефект «холодного струму».

Практически реализован и испытан метод получения полезной энергии из окружающего пространства, в несколько раз снижающий потребление традиционных энергоносителей. Предложена научная гипотеза, опирающаяся на многочисленные научные разработки и открытия последнего десятилетия и объясняющая как само явление нетрадиционного энергообеспечения, так и иные сопровождающие это явление физические эффекты, например, эффект «холодного тока».

The method of useful energy reception from the surrounding space, several times reducing consumption of traditional energy carriers is practical realized and tested. The scientific hypothesis leaning against numerous scientific workings out and opening of last decade and explaining both the phenomenon of nonconventional power supply, and other physical effects accompanying this phenomenon, for example, effect of "a cold current" is offered.

В настоящее время основная часть электрической энергии добывается в соответствии с принципом принудительного перемещения электрического проводника в магнитном поле. Для создания такого перемещения в зависимости от типа генерирующей электростанции затрачивается огромное количество «первичной» энергии: падающей воды, горящего топлива, атомных реакций и т.п.

«Первичные» виды энергии, к сожалению, либо дороги, либо экологически опасны, либо исчерпаемы, поэтому многие исследователи пытаются найти альтернативные источники, которые бы при минимальных затратах традиционного топлива обеспечивали потребителей электроэнергией [1].

Конечно же, речь идет не о «вечных двигателях», черпающих энергию «ниоткуда», а о вполне реальных, не нарушающих основные законы

природы источниках (назовем их  $S$ -генераторами), легко тиражируемые, всегда находящихся под руками, неисчерпаемых и, при соответствующем развитии теории и практики их использования, способных стать основными источниками энергии на Земле.

Дело в том, что окружающее нас пространство, среда насыщены энергией, плотность которой на многие порядки превышает необходимую для жизнедеятельности человека.

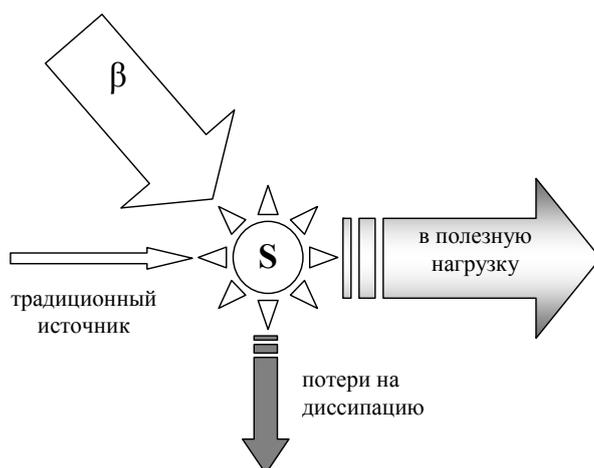


Рисунок 1 – Баланс энергетических потоков в  $S$ -генераторах

Примером этого является непрерывный поток солнечного и космического излучения, в частности его  $\beta$ -компонента – поток электронов [2]. Задача современных исследователей в области энергетики заключается в вовлечении части таких потоков в полезную для человека работу (рис. 1).

Как видно из рисунка, в этом случае поступление энергии извне с лихвой компенсирует затраты первичной энергии традиционного источника на работу соответствующего  $S$ -генератора, а также ее потери при диссипации.

Поэтому *целью настоящей работы* является создание технических предпосылок для практического и доступного извлечения полезной работы из энергии космического излучения.

Для достижения этой цели в настоящей работе была рассмотрена *гипотеза*, в соответствии с которой движущийся по проводнику электрический ток инициирует в соседних с ним электронах космического  $\beta$ -излучения составляющую движения последних, направленную комплементарно движению электронов внутри проводника, втягивая их тем самым в общий электрический ток, текущий вдоль (внутри и снаружи!) проводника, т.е. осуществляя своеобразную эжекцию внешних электронов в поток внутренних электронов.

Практически важным выводом из этой гипотезы является то, что на это «дополнительное» движение электронов расходуется *только энергия*

*космического излучения*, а, сливаясь с первичным током в проводнике, оно обеспечивает мощную прибавку весьма полезной энергии, которую можно преобразовать в работу.

К сожалению, просто увлечь таким образом «космические» электроны невозможно. Для достижения такого эффекта на практике вначале необходимо, чтобы первичный ток (ток возбуждения) произвел такое воздействие на внешние электроны (например, кратковременный высоковольтный импульс электрического поля), которое привело бы к их распаду на составляющие с правым спином – с магнитными свойствами и с левым спином – с электрическими свойствами [3, 4].

Далее части электронов с левым спином накапливаются на обкладках конденсаторов, а электроны с правым спином – в индуктивностях. Затем эти две составляющие, объединившись в нагрузку, совершают соответствующую полезную работу.

Разработанный образец *S*-генератора ведет себя, по общепризнанным меркам, весьма странно: по обмоткам текут токи, приводящие в движение нагрузку, но на них не реагируют включенные в цепь амперметры. Эти токи (назовем их «холодными»), не вызывают традиционный нагрев обмоток, а наоборот – температура их понижается.

В результате катушки питаемые «холодным» током не греются, а охлаждаются. При «холодном» возбуждении катушек индуктивности т.н. «противо-ЭДС» оказывается той же полярности, что и ЭДС исходного «холодного» тока. Правило правой руки «превращается» в правило левой руки и поэтому короткий монополярный токовый импульс «холодного» тока, прошедший через индуктивность, практически мгновенно дополняется таким же импульсом ЭДС обычного тока!

Оба эти импульса оказываются одной полярности, поэтому они порождают в сердечниках электромагнитов магнитное поле одного и того же направления. Вследствие отсутствия противо-ЭДС при питании устройств «холодным» током, чем короче импульсы тока и чем они чаще, тем больше сила отталкивания электромагнитных полей. При любом направлении обычного тока в цепи на активном сопротивлении происходит выделение тепла. При «холодном» токе – тепло поглощается или, как минимум, теплосодержание не изменяется. Электроны обычного тока имеют один и тот же спин, независимо от направлений тока, при холодном токе – разный.

В обычных катушках индуктивностей магнитное поле, индуцированное проходящими токами разного знака, обычно симметричное. При прохождении «холодного» тока магнитное поле сжимается и закручивает-

ся в одну сторону – в однонаправленный вихрь. Следует отметить, что при потреблении  $S$ -генератором 160 Вт от сети при напряжении 30 В напряженность магнитного поля на дросселе  $L_3$  составляет 1,86 Тл, что эквивалентно пропусканию 168 А обычного тока через этот дроссель.

Симметрия магнитного поля нарушается, поэтому при появлении в проводнике и/или окружающей среде электронов с разными спинами, в зависимости от направления тока, т.е. в зависимости от знака производной от напряжения по времени, происходит охлаждение либо нагрев катушек и/или окружающей среды.

Электрическая схема экспериментального, рекуперативного, сепарирующего  $S$ -генератора приведена на рис. 2. Маломощный источник высоковольтного напряжения ВБ заряжает накопительный конденсатор  $C_1$  колебательного контура  $L_1-C_1$  до напряжения 3,2 – 3,75 кВ. По достижении этого напряжения накопительный конденсатор  $C_1$  через ключ  $SG_1$  разряжается в первичную катушку (далее индуктор), колебательной системы  $L_1-L_2$ .

Фронт электромагнитного импульса, создаваемого катушкой  $L_1$ , индуцирует во вторичной катушке (далее резонатор) высокочастотные колебания, частота которых зависит от геометрических размеров катушки  $L_2$ .

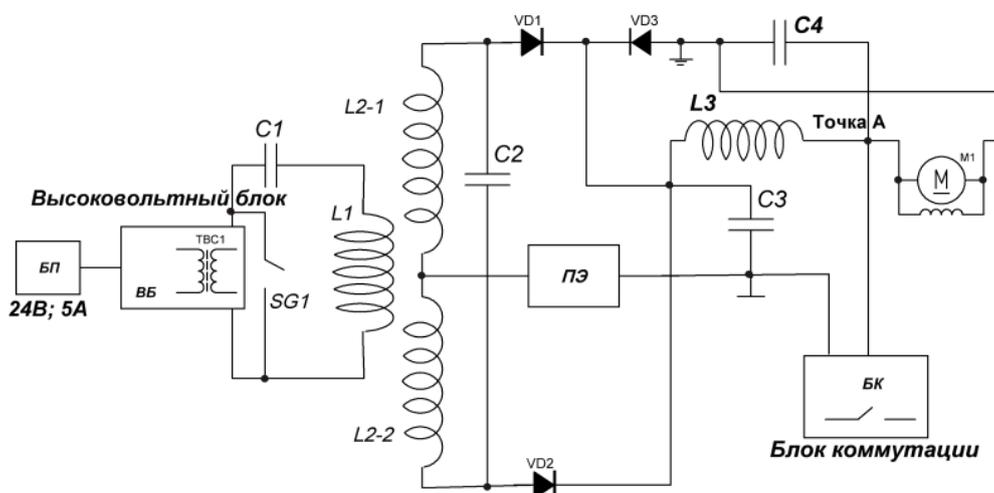


Рисунок 2 – Электрическая схема экспериментального, рекуперативного, сепарирующего  $S$ -генератора

При этом длина провода резонатора равна длине волны возбуждаемых колебаний. Направление намотки катушек  $L_1$  и  $L_2$  противоположно, для обеспечения закрутки электронов.

Из-за того, что частота колебаний резонатора находится в мегагерцовом диапазоне, практическая утилизация выделенной энергии представляет техническую сложность, ввиду несовершенства элементной базы. Поэтому параллельно резонатору  $L_2$  присоединяется демпфирующий конден-

сатор  $C_2$ , создающий совместно с катушкой  $L_2$  колебательный контур на частоте  $LC$ -резонанса (в нашем случае – сотни кГц). Для обеспечения условий  $LC$ -резонанса частота контура  $L_1-C_1$  должна равняться резонансной частоте контура  $L_2-C_2$ . Такая схема позволяет с помощью циркуляции магнитного поля на частоте  $LC$ -резонанса произвести разделение (сепарацию) право- и левоспиновых электронов. Резонатор  $L_2$  имеет отвод в месте наибольшей пучности тока – в средней точке.

Поскольку колебательная система  $L_2-C_2$  в нашем устройстве является относительно низкочастотной, возможно сепарирование электронов с правым и левым спином с помощью высоковольтных, высокочастотных выпрямительных диодов для дальнейшего накопления на аккумулирующей емкости  $C_3$ . Электроны с левым спином (более энергоемкие) накапливаются на положительной обкладке конденсатора  $C_3$ , а с правым спином – на отрицательной.

Для правильной работы резонансной системы необходимо обеспечить разделенные во времени накачку энергетическим потенциалом резонатора  $L_2$  и съем сепарированных электронов. Для этого в схему вводится пороговый элемент ПЭ, который позволяет подключать накопительную емкость  $C_3$  только после того, как амплитуда напряжения на резонаторе  $L_2$  превысит некоторое пороговое значение. Практически пороговый элемент представляет собой разрядный промежуток.

В момент ударного возбуждения электроны начинают двигаться по полукатушкам  $L2-1$  и  $L2-2$  в разные стороны (см. рис. 2). С учетом опрокидывания фазы для таких электронов путь в одной полукатушке закручен в иную сторону, чем путь в другой полукатушке. Одновременно при синхронной поляризации ударного импульса начинается эжекция электронов из окружающего пространства и из шины заземления.

Все это, а также дальнейшее движение электронов по  $S$ -генератору представляет собой аналог теплового насоса, в котором «рабочим телом» являются сепарированные электроны, а источником дополнительной энергии – энергия, выделяющаяся при их сепарировании ударным возбуждением, с сопутствующей эжекцией и утилизацией в нагрузке. Эта мощная энергия и является той дополнительной энергией, действие которой мы наблюдаем на выходе  $S$ -генератора.

Отсепарированные части электронов, лишенные гравитационной стабильности, могут распадаться на более мелкие частицы – мю-нейтрино [5], для которых структурные решетки металлов и диэлектриков не являются препятствием для движения, что мы и наблюдаем в виде полного отсутствия нагрева резистивных элементов. Эта гипотеза требует отдельного изучения и экспериментального подтверждения.

Воздействие на атомы вещества стороннего магнитного поля приводит к следующим результатам: все составные частицы атома – протоны,

электроны и ядра в целом начинают прецессировать на собственных массовых резонансных частотах (частоты Лармора; частота прецессии пропорциональна напряженности магнитного поля), а условно стабильные энергетические состояния атомов – так называемые, разрешенные энергетические уровни, – расщепляются на ряд подуровней. Это и есть известный эффект Зеемана на примере дифракции спектральных линий в магнитном поле [3], что является прямым подтверждением данной гипотезы.

Следует также отметить, что работа на активную нагрузку напрямую с конденсатора СЗ невозможна, ввиду отсутствия эффекта нагрева проводников и резистивных элементов самой активной нагрузки протекающим «холодным» током. Для обеспечения нормальной работы системы следует применять проводники с минимальным активным сопротивлением, а также обеспечивать высокое качество изоляции соединительных проводов, надежную изоляцию деталей генератора и конденсаторы с высоким качеством диэлектрика.

Выходная нагрузка (двигатель, трансформатор) должна иметь высокое качество изоляции индуктивной обмотки от корпуса двигателя и от вторичной обмотки и сердечника трансформатора (изолирующий трансформатор).

В случае применения такого трансформатора, мощное магнитное поле первичной обмотки создает движение большой массы электронов во вторичной обмотке, что дает возможность подключать на выход изолирующего трансформатора нагрузки, мощность которых значительно превышает мощность, использованную для инициации процесса преобразования.

S-генератор позволят значительно повысить энергопотребление сложных промышленных объектов без сжигания дополнительного органического топлива и других видов сырья.

**Список использованной литературы:** 1. Альтернативная энергетика [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Альтернативная\\_энергетика#wiki/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Альтернативная_энергетика#wiki/). – 20.12.2011. 2. Спектр солнечного излучения [электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Solar\\_irradiance\\_spectrum\\_1992.gif/wiki/](http://ru.wikipedia.org/wiki/Файл:Solar_irradiance_spectrum_1992.gif/wiki/). – 11.11.2011. 3. Щербатский В.Б. Цветовое электронное взаимодействие и его применение в химической связи и сверхпроводимости / В.Б. Щербатский, В.Л. Дерунов. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2010. – 53 с. 4. Мартынов О.В. Природа электромагнитного взаимодействия: теоретическая концепция и практические решения. / О.В. Мартынов, С.П. Куротченко, Р.В. Париутин // Материалы Международной конференции по экологии, энергии и экономической безопасности в нелинейном мире. – Женева: Швейцарская ассоциация «Нелинейность», 2010. – С. 31 – 63. 5. Мюонное нейтрино. Пути применения, проекты создания приложений [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://rinat-shay.chat.ru/muon-neutrino.html>. – 24.12.2011.

# ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ

УДК 621.923

**БРАТАН С.М.**, д-р техн. наук, **КАИНОВ Д.А.**, канд. техн. наук,  
**СТРЕЛЯНАЯ Ю.О.**, **НОВИКОВ П.А.**, Севастополь, Україна

## **ПРОБЛЕМЫ ВЫБОРА КРИТЕРИЕВ КАЧЕСТВА ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ДЕТАЛЕЙ И МАШИН**

Розглядаються проблеми побудови структур критеріїв якості та їх зв'язок з структурами технологічних процесів і систем для їх реалізації.

Рассматриваются проблемы выбора структур критериев качества и их связь с структурами технологических процессов и систем для их реализации.

The problems quality structure construction and their connection are consider with the structures of technological processes and systems for their realization.

Современные машины являются все более сложными техническими системами, состоящими из большого количества агрегатов, блоков, узлов и деталей, связанных и взаимодействующих друг с другом. При этом разработка, проектирование, изготовление их элементов; сборка и функционирование машин распределяется в пространстве и времени.

В отличие от структур, рассматриваемых в кибернетических системах [1], должны рассматриваться не только обмены информацией между элементами, но также массоперенос и обмен энергетическими воздействиями.

Любая из деталей и их систем предназначены для выполнения вполне определенных функций и может рассматриваться как носитель таких свойств. Характеристики всех компонент рассматриваемых объектов должны быть согласованы, так как они в совокупности определяют свойства и качества узлов, блоков и агрегатов компонентами которых являются.

Целью данной статьи является рассмотрение проблематики выбора критериев качества при производстве и эксплуатации деталей и машин.

Производство деталей является многоэтапным технологическим процессом (ТП) модификации исходных качеств заготовок в результирующие потребительские характеристики готовых изделий. Такое измене-

ние свойств и параметров заготовок осуществляется в составе технологических систем (ТС), в структуру которых входят объекты модификации (заготовки) и элементы, которые осуществляют заданное ТП изменение свойств (инструмент, оборудование и т.д.).

В свою очередь, каждая из деталей и их систем предназначены для выполнения вполне определенных функций и могут рассматриваться как их носители. Характеристики всех компонент рассматриваемых объектов должны быть согласованы, так как они определяют совокупные свойства узлов, блоков и агрегатов компонентами которых они являются.

В общем случае необходимо рассматривать полную систему взаимоотношений и иерархии процессов и систем – «надсистему», включающую всю последовательность жизненного цикла для изделия, его составляющих (и соответствующих критериев качества) – от этапов разработки до захоронения отходов при утилизации, отработавшего свой ресурс и не подлежащих восстановлению и модернизации образцов. Однако, столь глобальный и практически исчерпывающий подход, требует учета большого количества недетерминированных факторов, различия целей и условий использования разных деталей из одной и той же произведенной партии при их эксплуатации (временно или постоянно; для ремонта, модернизации и т.п.), изменений конъюнктуры и т.д. С увеличением временного интервала степень влияния причинно – следственных связей неизбежно затухает, с прикладных позиций целесообразно упрощать рассматриваемую систему отношений и выделять наиболее значимые ближайшие по времени несколько этапов (обычно – два – три) жизненного цикла. Учет более далеких последствий и предшествования затруднен нехваткой статистического материала и лавинно нарастающей неопределенностью условий этапов жизненного цикла и может приводить к неоправданному повышению детализации и сложности рассматриваемых систем.

Для описания происходящих явлений и процессов целесообразно использовать понятия, аппарат и методы теории марковских цепей и процессов конечного относительно низкого порядка [3].

На рисунке 1 представлена обобщенная структурная схема жизненного цикла изделия, которая включает системы: 1 – «производство заготовок», 2 – «предварительная обработка», 3 – «модификация физико-механических свойств» (например, упрочнение поверхностного слоя и т.п.), 5 – «сборка, складирование и транспортировка», 6 – «эксплуатация» и 7 – «утилизация», а также недифференцированные (на данном этапе рас-

смотрения) блоки: 4 – «финишная обработка», 8 – «информационные процессы» и 9 – «среда, окружающая систему».

Отметим, что каждый из элементов связей вида  $Y_i \rightarrow X_j$  между  $i$ -м и  $j$ -м блоками системы представляется векторами соответствующей размерности. В силу того, что не все характеристики проведения предыдущего этапа ТП доступны при проведении последующего этапа, размерность  $X_j$  не превосходит размерности вектора  $Y_i$ .

Для упрощения картины на рисунке не показаны воздействия каждой из подсистем на среду, окружающую систему; не указано и то, что все измеренные характеристики протекания технологических процессов  $\tilde{Y}_i$  могут в той или иной степени оказаться доступными на уровне «информационные процессы», для которого также доступна часть информации о воздействиях  $\tilde{Z}_i$  со стороны блока «среда, окружающая систему» на рассматриваемую подсистему.

Каждая из подсистем представляется типовым блоком и специфицируется следующими характеристиками: номер звена в составе системы  $i$ ; –  $\Phi_i$  – оператор, отражающий способ преобразования входных воздействий со стороны остальных рассматриваемых подсистем т.е.  $X_i$ ,  $Y_{i,i}$ ,  $Y_{i,j}$ ,  $U_i(\tau)$ ,  $\Omega_i(\tau)$ ,  $Z_i(\tau)$  на подсистему, в выходной вектор – процесс  $Y_i$ .

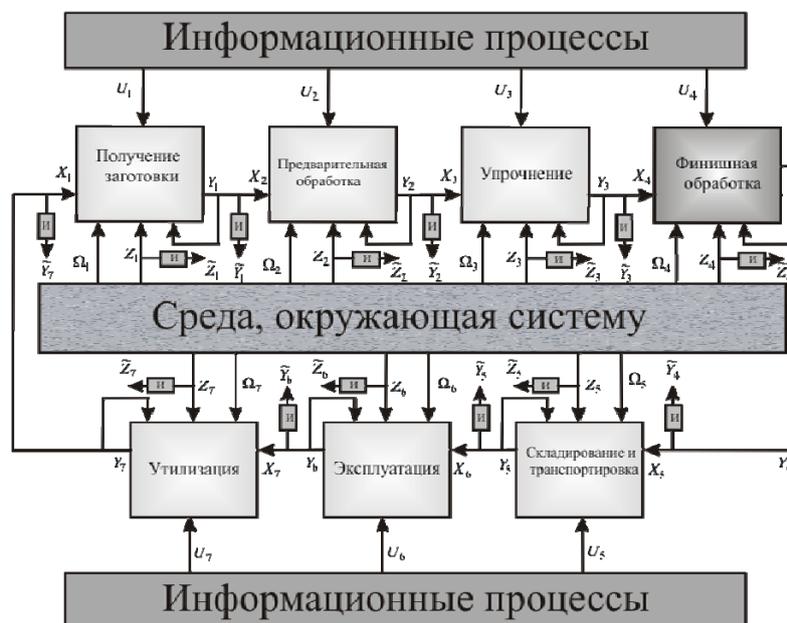


Рисунок – Обобщенная структурная схема жизненного цикла изделия

Оператор  $\Phi_i$  может не зависеть или непосредственно зависеть от времени (т.е.  $\Phi_i \equiv \Phi_i(\dots, \tau)$ ). В последнем случае он рассматривается как нестационарный.

$$Y_i = \Phi_i[X_i, Y_{i,j}, U_i(\tau), \Omega_i(\tau), Z_i(\tau), \tau] \forall i, j = 1..8. \quad (1)$$

здесь  $X_i$  – входные воздействия на звено со стороны других выделенных при рассмотрении подсистем;  $Z_i(\tau)$  и  $\Omega_i$  – измеряемые в любые моменты времени  $\tau$ , но неуправляемые в рамках данного блока, и неизмеряемые входные воздействия со стороны «среды, окружающей систему» на рассматриваемую подсистему, соответственно;  $U_i(\tau)$  – «номинальные» управления – (на этом этапе рассмотрения считаются поступающими из блока «информационные процессы») – измеряемые и управляемые воздействия.

Отметим, что прямое указание в (1) на то, что совокупности воздействий, поступающих со стороны среды, окружающей систему, и информационных процессов  $U(\tau)$ ,  $\Omega(\tau)$  и  $Z(\tau)$  являются непосредственными функциями времени, не отрицает такой возможности и для  $Y_i$ , а тем более – результатов их измерений  $\tilde{X}_i$  и  $\tilde{Y}_i$  или оценок, получаемых на основе этих измерений  $\hat{X}_i$  и  $\hat{Y}_i$ , (т.е. возможности существования представления  $Y_i \equiv Y_i(\tau)$  и  $X_i \equiv X_i(\tau)$ ;  $\tilde{X}_i \equiv \tilde{X}_i(\tau)$ ) и т.п.).

Оценки  $\hat{Y}_i$  (или результаты измерений  $\tilde{Y}_i$ ) выходных характеристик  $Y_i$  несут информацию о состоянии этого блока. Вектор функции  $Y_{i,i}$  рассматриваются как влияния части состояний блока самого на себя (обратные связи). Примером таких механических связей (ограничений) могут служить, например, реакции опор на силовые воздействия.

На вход последующего по цепи жизненного цикла изделия в качестве входных воздействий поступают не все состояния  $\cup Y_i$ , а некоторая их часть, т.е.

$$X_i \subset \bigcup_j Y_j \forall i, j = 1..7. \quad (2)$$

Если состояния каждого из блоков (в той или иной степени) зависят не только от совокупности входных воздействий в текущий момент времени  $\tau_0$ , но и от состояний системы во все или некоторые предыдущие моменты времени  $\tau_i < \tau_0$ , (предыстории), и такие блоки обладают динамическими свойствами. Для описания их операторов  $\Phi$  возможно использование соответствующих динамических представлений в форме дифференциальных, интегро-дифференциальных и интегральных уравнений соответствующих классов. В числе рассматриваемых состояний  $Y_i$  целесообразно

выделить характеристики начальных состояний  $Y_i^o = Y_i(\tau)|_{\tau=0}$ . В зависимости от типа основного описания блока могут быть использованы начальные условия (начальные значения или их семейства) – для описаний дифференциальными уравнениями, начальные плотности вероятности – для статистических описаний и т.п.

Неизмеряемые входные воздействия со стороны окружающей технологическую систему среды  $\Omega_i$  представляются соответствующими им вероятностными законами изменений и могут быть охарактеризованы случайными функциями. Доступная информация о таких характеристиках относится к априорной информации об условиях протекания ТП.

Результаты измерений состояний элементов ТС  $\tilde{Y}_i$  представляю собой сигналы, которые могут иметь различную физическую природу, в зависимости от типа измеряемого состояния, вида сенсора, оператора преобразования измерительного блока и т.д. По отношению к результатам измерений используется кибернетический подход [3], при котором игнорируется физическая природа сигнала, а внимание уделяется текущей (рабочей) информации о характеристиках протекания контролируемого процесса.

Определении целей и задач при производстве деталей и машин, к рассмотрению в той или иной степени принимается задача более высокого иерархического уровня (и реализующая ее система – «надсистема»), чем та, для которой проводится анализ технологической операции в ходе исследования. и, соответственно, приходится определять более общие цели, чем те, которые поставлены перед системой.

Решение о производстве деталей определенного качества фактически принимают два лица, принимающих решение (ЛПР) (потребитель и производитель), обладающие разной информацией и осуществляющие две различные оценки качества одной и той же детали, построенные на не полностью совпадающих множествах характеристик – оценка потребителя и оценка производителя.

Производитель оценивает целесообразность проведения ТП производства детали. В комплекс параметров такой оценки входят характеристики процессов модификации характеристик заготовки и выходные характеристики допускаемых потребителем результирующих качеств. Все оцениваемые каждым из ЛПР качества деталей могут быть сведены в один показатель – критерий качества. Введение такого показателя позволяет ранжировать различные подобные изделия по степени их предпочтения в рамках заданного множества показателей. Критерий качества должен обладать свойствами объективности и измеримости.

Потребителю обычно неизвестны характеристики технологических процессов производства детали. Он (как ЛПР) вынужден принимать свое

решение на основании точечных (финишных – на момент  $\tau_{sale}$ ) характеристик приобретаемых изделий даже при проводимом им независимом входном контроле.

$$J_{made} = F(K_1(\tau)) \text{ – для производителя и} \quad (3)$$

$$J_{sale} = F(K_2(\tau))\Big|_{\tau=\tau_{sale}} \text{ – для потребителя,} \quad (4)$$

где  $K_{sale} \subset K_{made}$  – совокупность контролируемых свойств ТП.

Существенным отличием (3) от (4) является тот факт, что, несмотря на схожесть записи математических выражений, критерий потребителя является функцией, а соотношение (4) – функционалом, в состав которого входят экономические и другие формализованные характеристики производства изделия.

Ряд качеств деталей не является постоянными, а продолжает изменяться в процессе их эксплуатации ТС потребителя и такие качества необходимо рассматривать как процессы, но принятие решения на приобретение уже принято и имеющиеся характеристика необходимо рассматривать как начальные условия для следующего этапа марковского описания процесса жизненного цикла.

Примерами могут служить качество поверхности деталей, изменяющееся на этапе приработки, коррозионная стойкость поверхности обработанных деталей и т.п. Вообще, эксплуатация изделий является процессом, в ходе которого продолжают процессы жизненного цикла и модификации свойств. Так или иначе, рассматриваемое в данной работе влияние производителя на качества изделия прекращается с момента передачи прав собственности на деталь потребителю.

Для производителя основным признаком целесообразности производства детали является готовность изготовить продукцию приемлемого для потребителя качества за цену, которая оправдывает ее производство. В конечном счете, именно потребитель своими требованиями и входным контролем их выполнения определяет необходимые качества детали.

Потребителя обычно не интересует каждая деталь в отдельности. Все полученные им детали рассматриваются в совокупности, как элементы некоторого вполне определенного создаваемого, ремонтируемого или модернизируемого изделия, которое в силу своей собственной целенаправленности, структуры, элементом которой является рассматриваемая деталь, также является самостоятельной ТС. Задачи функционирования такой системы заранее известны потребителю детали, как готового изделия, но для ее изготовителя эти задачи полностью не определены.

Информация о совокупности задаваемых потребительских качеств поступает производителю в виде технических требований к изделию. При этом конкретизация целей производства деталей осложняется тем, что даже изделия одной партии могут использоваться различными потребителями с несовпадающими задачами их применения и критериями качества как при выпуске ими как продукции разного назначения (например, ответственного, декоративного и т.п.), разной расчетной долговечности, разного качественного и ценового диапазонов и др.

Такое представление о задачах позволяет рассматривать сами цели как структурированные целенаправленные системы, в качестве элементов (моделей) которых применяются формализованные представления в форме функционалов соответствующих видов – математических заместителей целей и показателей.

Вышеизложенное показывает, что общая проблема выбора целей производства и вытекающих из них критериев качества не может быть решена в детерминированной постановке. В любом случае в процессе своего жизненного цикла каждая из деталей машин последовательно во времени участвует в качестве составной части в составе не менее чем двух систем: технологической системы ее производства (ТСП) и технической системы, в составе которой, она будет эксплуатироваться (ТСЭ).

Таким образом, для выполнения глобальной задачи производства продукции заданного потребителями качества, наследуемые свойства изделий на каждом из этапов должны быть согласованы с таковыми для этапа эксплуатации. Они определяют иерархию совокупности целей и ограничений, а также номенклатуру показателей для изготовителя на этапе производства изделий. Построение моделей ТС и целей а также их декомпозиция представляют собой многоэтапную процедуру, которая, в существенной степени, опирается на использование максимально доступного объема априорной и текущей информации о конкретном технологическом процессе, условиях его проведения и требований, предъявляемых к его результатам.

**Список использованных источников:** 1. Новоселов Ю.К. Динамика формообразования поверхностей при абразивной обработке. -Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1979, 232 с.; 2. Братан С.М. Синтез подсистемы наблюдений для операции плоского шлифования //Високі технології в машинобудуванні. Зб. наук. праць ХДПУ, -Харків, 2000 - Вип. 1(3) - С. 22-31.; 3. Братан С.М. Оценка распределения длин стружек при чистовом и тонком шлифовании/ С.М. Братан, Ю.К. Новоселов, Д.А. Каинов //Резание и инструмент в технологических системах.- Меж.науч.тех.сб.- Харьков: ХГПУ, - 2003 - Вып.64 - С. 31-36.

**В. А. ВАЙСМАН**, д-р техн. наук, **В. Д. ГОГУНСКИЙ**, д-р техн. наук,  
**В. М. ТОНКОНОГИЙ**, д-р техн. наук, Одесса, Украина

## **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ: ФАКТОРЫ, ПАРАМЕТРЫ, ИЗМЕРЕНИЕ, ОЦЕНКА**

Запропоновано зміст проектів систем менеджменту якості формувати за стандартами серії ISO 9000, а реалізацію здійснювати у відповідності до методології управління проектами на основі вимірювань та оцінки параметрів, що відображають якість продукції.

Предложено содержание проектов систем менеджмента качества формировать на основе стандартов серии ISO 9000, а реализацию осуществлять в соответствии с методологией управления проектами на основе измерения и оценки параметров, которые отображают качество продукции.

Proposed content of the draft form of quality management systems based on ISO 9000 standards, and implementation carried out in accordance with the methodology of project management through measurement and evaluation parameters, which reflect the quality of products.

Основное противоречие в управлении качеством в станкостроительном производстве проявляется между функциональной организацией управления и структурой информационного взаимодействия при выполнении процессов Системы Менеджмента Качества (СМК). Сложность разрешения этих противоречий обусловлена уникальностью каждого предприятия: по структуре, по оснащению оборудованием, по уровню автоматизации технологических процессов и применению информационных систем в управлении предприятием, по источникам сырьевых ресурсов, по кадровому составу и др.

Модель управления качеством, представленная в [1], в основе своей соответствует требованиям Международной организации по стандартизации (ISO). Эта обобщенная модель включает авторские модели управления качеством, разработанные Демингом, Джураном, Кросби, а также общие модели тотального управления качеством (TQM), шесть сигм (Six Sigma), анализ характера и последствий отказов, контрольные оценки на этапе проектирования, мнение заказчика, стоимость качества (COQ) и постоянное совершенствование. В РМВок<sup>®</sup> определено, что управление качеством проек-

та должно быть направлено, как на управление проектом, так и на продукт проекта. При этом предложено такое определение качества: «Качество – это степень, в какой совокупность внутренних характеристик чего-либо соответствует требованиям» (Американское общество по качеству).

Целью настоящей статьи является согласование подходов стандартов серии ISO 9000 и управления проектами при создании СМК машиностроительных предприятий.

Качество является сложным многогранным понятием. Оно зависит от множества факторов, а от правильной его оценки зависит успех деятельности предприятия [2].

Стандарты серии ISO 9000 выделяют четыре основных аспекта качества.

1. Качество, как ожидание потребителя, – так называемое потребительское качество. Определяется исследованием рынка, иногда предвосхищается производителем. Для продукции машиностроения качество планируется при разработке технического задания, которое, как правило, согласовывается с заказчиком, представляющим интересы потребителя.

2. Качество, обусловленное проектированием. Зависит от задач технического задания, квалификации конструктора, учтенных возможностей производства, комплектующих изделий, материалов.

3. Качество, как соответствие изделия, полученного в производстве, показателям, заложенным при проектировании. Обеспечивается надлежащим контролем, организацией производства, квалификацией специалистов, состоянием оборудования, построением технологического процесса.

4. Качество, обусловленное техническим обслуживанием, которое определяется: гарантией производителя; системой сервиса; надежностью, безотказностью оборудования при эксплуатации; ремонтпригодностью изделия и др. факторами.

Цена в серии стандартов ISO 9000, как один из аспектов качества, не рассматривается, хотя и относится к дополнительными характеристикам качества изделия, что всегда учитывается при покупке. При этом могут быть учтены также марка поставщика, его позиция на рынке, цена товара, длительность выпуска изделия данной фирмой, ее финансовое положение, кадровая политика.

Система качества в соответствии с положениями РМВОК® и стандартов серии ISO 9000 охватывает жизненный цикл конкретного изделия (или группы изделий) в условиях конкретного производства. Спираль качества — концептуальная модель, предложенная Джураном, стала прооб-

разом многих появившихся позже моделей (рис. 1). Управление качеством подразумевает, что на смену политике стабильности приходит политика изменений. [3].

Тактическая схема управления процессами на всех фазах жизненного цикла для формирования системы менеджмента качества может быть построена на основе цикла Шухарта – Деминга (Plan — Do — Check — Action). При совмещении спирали качества с циклом Шухарта – Деминга необходимо выполнить разрыв цикла Шухарта – Деминга. В результате такой модификации цикл преобразуется к спирали, направленной из прошлого в будущее. Представляется рациональным включение в перечень стандартных процессов управления проектами на стадиях проектной, а затем и операционной деятельности дополнительного процесса – улучшения, как действия, основанного на анализе результатов каждой фазы проекта и проекта в целом.

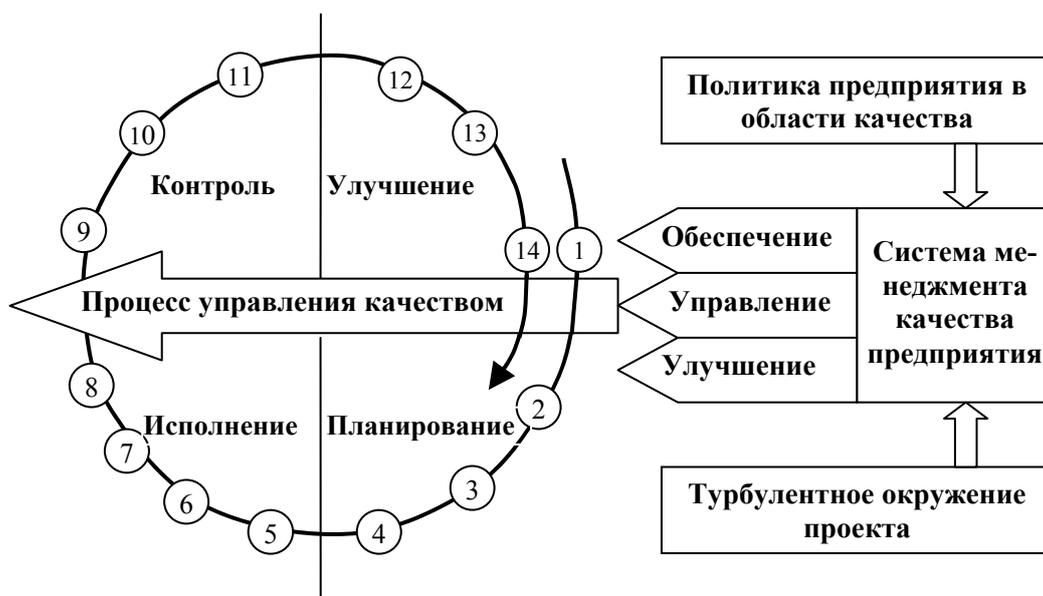


Рисунок 1 – Спираль качества в координатах цикла Шухарта – Деминга

Спираль качества включает следующие фазы жизненного цикла продукта: 1 – исследование рынка; 2 – разработка проектного задания; 3 – НИОКР; 4 – составление технических условий (ТУ); 5 – технологическая подготовка производства; 6 – материально-техническое снабжение; 7 – изготовление инструмента, приспособлений и измерительных средств; 8 – производство; 9 – контроль производственных процессов; 10 – контроль готовой продукции; 11 – испытание продукции; 13 – техническое обслуживание; 14 – исследование рынка (рис. 1). Далее фазы жизненного цикла повторяется на новом витке спирали.

Современное управление качеством исходит из того, что управление качеством не может быть эффективным после того, как продукция произведена. Эта деятельность должна осуществляться в ходе производства продукции, а также предшествовать производственной фазе с непрерывным совершенствованием [2].

*Факторы*, влияющие на качество, связаны с внешним окружением проекта СМК и уровнем технологической зрелости предприятия:

- рынки сбыта – качество должно удовлетворять рынок, изделие должно продаваться и цена должна отвечать качеству;
- финансовые ресурсы предприятия – возможность обеспечить качество приобретением необходимого оборудования, использованием более дорогих материалов и комплектующих изделий, т.п.;
- организация производства – должна обеспечивать выпуск изделия запланированного качества и себестоимости в заданные сроки;
- людские ресурсы – компетентность персонала должна соответствовать запланированной на стадии постановки изделия на производство;
- уровень зарплаты, стимулирование работников к качественному труду;
- качество поставок;
- состояние оборудования, режущего и измерительного инструмента;
- современные способы обработки информации – должны своевременно доводить информацию о качестве для принятия решения;
- постоянное улучшение качества продукции.

*Показатель качества* – количественная оценка одного или нескольких свойств продукта. Рассматриваются показатели качества, как правило, применительно к определенным условиям создания, эксплуатации или потребления продукта. Например: точность перемещения стола станка при температуре окружающей среды ( $20 \pm 0,5$ ) °С.

В зависимости от продукции показатель качества может быть один, чаще несколько, у сложных машин и механизмов – множество. Выражается показатель качества в физических величинах (скорость – м/с, надежность – наработка до отказа в часах), в баллах либо может быть безразмерным.

Различают: *единичный показатель качества* – характеристика одного свойства продукта. Например, наработка на отказ, калорийность топлива, однородность проволоки по толщине, срок выполнения заказа.

*Комплексный показатель качества* продукции характеризует несколько свойств или одно сложное, например, коэффициент готовности машины  $K_z$ :

$$K_z = \frac{T}{T + T_e},$$

где  $T$  – наработка изделия на отказ (показатель безотказности);

$T_e$  – время восстановления (показатель ремонтпригодности).

Физический смысл  $K_z$  – характеризует готовность изделия к выполнению работы по назначению.

*Средневзвешенный показатель качества*:  $K_o$  – условная величина, выражаемая в условных единицах.

$$K_o = \sum_{i=1}^n k_i \alpha_i;$$

где  $k_i$  – единичный показатель качества  $i$  – го свойства;

$\alpha_i$  – коэффициент весомости  $i$  – го свойства, устанавливает рейтинг данного показателя качества по отношению к другим.

Деление показателей качества на простые и сложные условно. Один и тот же показатель может быть и простым и сложным. Например, ремонтпригодность  $T_e$  по отношению к свойству готовности или надежности – простой показатель, однако:  $T_e = T_o + T_y$ , где  $T_o$  – время отыскания отказа,  $T_y$  – время его устранения. По отношению к  $T_o$  и  $T_y$  показатель  $T_e$  является комплексным показателем.

*Определяющий показатель качества* – показатель, по которому принимают решение о качестве продукции. Может быть простым и комплексным. Например, при выборе шариковой винтовой передачи – кинематическая точность, при выборе торта – вкус + аромат + форма + внешний вид + период сохранности + цена. Если хотя бы один простой показатель качества не удовлетворяет требованиям потребителя, продукция бракуется. Определяющий показатель качества для одних и тех же изделий может быть разным, в зависимости от потребителя.

*Интегральный показатель качества* продукции определяется как отношение полезного эффекта эксплуатации или потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

$$I = \frac{\mathcal{E}}{Z_c + Z_o},$$

где  $I$  – интегральный показатель качества;

$\mathcal{E}$  – эффект от эксплуатации, например, пробег автомобиля в тонно-километрах или наработка станка в часах до капитального ремонта;

$Z_c$  – затраты на проектирование, изготовление, монтаж;

$Z_o$  – затраты на эксплуатацию, включают техническое обслуживание, ремонты, др.

Методы определения показателей качества продукции подразделяют на две группы: по способам и источникам получения информации. По способу получения информации методы определения показателей качества продукции делятся на измерительные, регистрационные, органолептические, расчетные. В зависимости от источника информации методы определения показателей качества продукта делятся на традиционные, экспертные, социологические.

Включение в стандарт управления проектами [1] области знаний управления качеством, которая детально разработана в стандартах серии ISO 9000, может создавать предпосылки для неверных решений при создании проектов СМК. Указанные противоречия разрешаются, если содержание проекта СМК формировать на основе стандартов серии ISO 9000 [3], а управление реализацией осуществлять в соответствии с методологией управления проектами [4]. При этом управление качеством должно осуществляться на основе измерения и оценки параметров, которые отображают качество продукции.

**Список использованных источников:** 1. A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Third Edition (PMBOK® Guide). An American National Standard ANSI / PMI 99 – 001–2004. 2. ДСТУ ISO 9001:2009. Система управління якістю. Вимоги (ISO 9001:2008, IDT). 3. ДСТУ ISO 10006:2005 Системи управління якістю. Настанови щодо управління якістю в проектах (ISO 10006:2003, IDT). 4. Вайсман, В.А. Нова методологія створення, інноваційного розвитку проектно-керуваних організацій / Владислав Вайсман, Віктор Гогунський // Економіст. – № 8 (298). – 2011. – С. 11 – 13.

*Э.Ш. ДЖЕМИЛОВ*, канд. техн. наук, Симферополь, Украина

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ БРУСКОВ С ЗАГОТОВКОЙ ПРИ ХОНИНГОВАНИИ КОНИЧЕСКИХ ОТВЕРСТИЙ**

У статті представлена модель формування поверхні при хонінгуванні конічних отворів, заснована на вивченні взаємодії інструменту з оброблюваною поверхнею. Модель встановлює зв'язок між контактним тиском, глибиною проникнення зерен і шириною контакту, що дозволяє зв'язати технологічні параметри процесу хонінгування з параметрами ефективності обробки.

В статье представлена модель формирования поверхности при хонинговании конических отверстий, основанная на изучении взаимодействия инструмента с обрабатываемой поверхностью. Модель устанавливает связь между контактным давлением, глубиной внедрения зерен и шириной контакта, что позволяет связать технологические параметры процесса хонингования с параметрами эффективности обработки.

In the article the model of surface forming appears in sharpening of the conical openings, based on the study of collaboration of instrument with the treated surface. A model is set by connection between contact pressure, depth of introduction of grains and width of contact, that allows to link the technological parameters of sharpening process with the parameters of treatment efficiency.

**Введение.** Процесс контакта алмазно-абразивного инструмента с деталью рассматривается как взаимодействие двух дискретных поверхностей. Контакт реальной рабочей поверхности алмазного бруска с обрабатываемой поверхностью при коническом хонинговании осуществляется при переменной площади контакта и количества зерен, участвующих в резании, образования зазора между заготовкой и бруском [1].

Для равномерного съема припуска в процессе хонингования необходимо обеспечивать равномерное распределение контактного давления между инструментом и заготовкой.

Анализ различных подходов к теории контакта двух дискретных поверхностей [2, 3, 4, 5, 6] показал, что особенности контактирования при хонинговании конических поверхностей отверстий недостаточно изучены, несмотря на то, что конические сопряжения широко распространены в машиностроении.

Ввиду сложности процесса хонингования конических отверстий, необходимо исследовать каждый элементарный участок контактного взаимодействия по длине бруска.

**Целью** представленных исследований является создание модели, устанавливающей связь между контактным давлением, глубиной внедрения зерен и шириной контакта, что позволяет связать технологические параметры процесса хонингования с параметрами эффективности обработки.

**Основные материалы исследования.** Коническая поверхность (рис.1) имеет радиус кривизны в нормальном сечении  $R_3$ , практически равный геометрическому радиусу  $r_3$  ( $R_3 \approx r_3$ ).

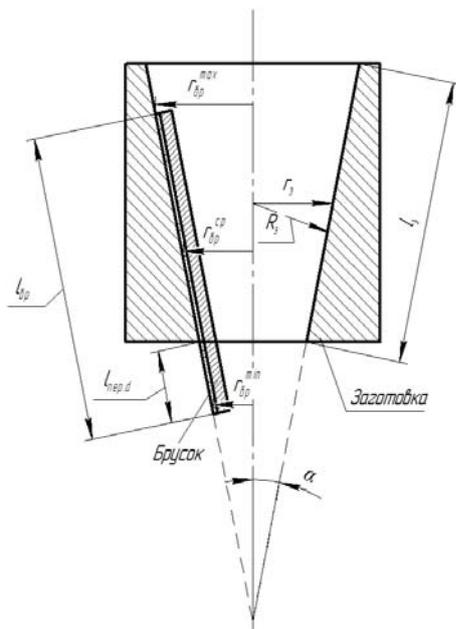


Рисунок 1 – Геометрическая схема подготовки инструмента

Согласно процессу хонингования конических отверстий, перед работой бруски в комплекте с хонинговальной головкой шлифуются по заданному углу конуса в положении выхода инструмента на величину перебега  $l_{пер.д}$  из малого диаметра отверстия. При таком положении хонинговальной головки поверхность брусков в процессе хонингования совпадает с обрабатываемой конической поверхностью заготовки.

С учетом геометрической схемы (рис.1) можно получить формулы для максимального  $r_{ор}^{max}$  и минимального  $r_{ор}^{min}$  радиусов кривизны бруска:

$$r_{ор}^{max} = r_3^{max} - l_{пер.д} \operatorname{tg} \alpha ; r_{ор}^{min} = r_3^{min} - l_{пер.д} \operatorname{tg} \alpha . \quad (1)$$

На расстоянии  $l_{ор}/2$  радиус кривизны бруска

$$r_{ор}^{cp} = r_3^{cp} - l_{пер.д} \operatorname{tg} \alpha , \quad (2)$$

где  $r_3^{cp}$  – средний радиус заготовки

$$r_3^{cp} = \frac{r_3^{max} + r_3^{min}}{2} . \quad (3)$$

Рассмотрим вначале геометрическую задачу внедрения алмазных зерен бруска (вершины максимально выступающих алмазных зерен бруска

условно ограничиваем линией окружности) в поверхность заготовки (рис. 2.8). Поверхность обрабатываемой заготовки с  $Ra = 0,32\text{мкм}$  можно считать абсолютно гладкой по сравнению с поверхностью бруска АС6 500/400-М5-01-100% с  $Ra = 34,5\text{мкм}$ .

Как видно на рис. 2.8, величина эксцентриситета окружностей бруска и заготовки связана с величиной максимального вдавливания зерна  $\delta_{\max}$  (равная радиальному перемещению бруска в процессе обработки) соотношением:

$$\varepsilon = r_3 - r_{\text{бр}} + \delta_{\max} \quad (4)$$

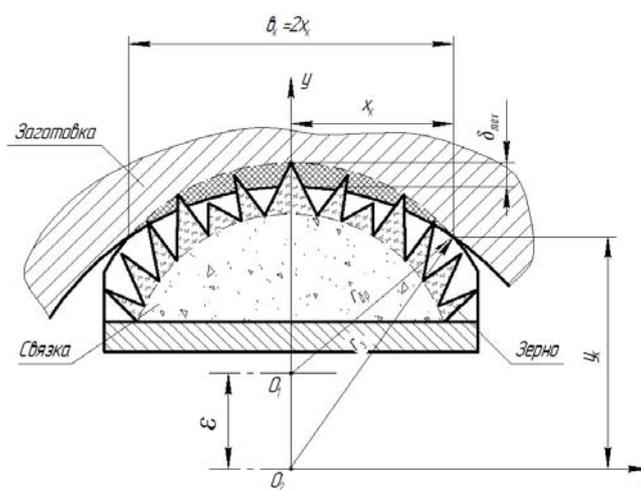


Рисунок 2 – Геометрическая схема внедрения алмазных зерен бруска в поверхность заготовки

В системе координат  $xoy$  уравнение окружности заготовки и окружности бруска имеет вид:

$$y_k^2 + x_k^2 = r_3^2 \quad (5)$$

$$(y_k - \varepsilon)^2 + x_k^2 = r_{\text{бр}}^2 \quad (6)$$

Решая (3) и (4) относительно  $y_k$  и учитывая (2), получим:

$$y_k = \frac{r_3^2 - r_{\text{бр}}^2 + \varepsilon^2}{2\varepsilon} \quad (7)$$

$$y_k = \frac{r_3^2 - r_{\text{бр}}^2 + (r_3 - r_{\text{бр}} + \delta_{\max})^2}{2(r_3 - r_{\text{бр}} + \delta_{\max})} \quad (7a)$$

Величина  $\delta_{\max}$  является малой по сравнению с  $r_3$  и  $r_{\text{бр}}$ .

Тогда разложим (7a) в ряд Тейлора в окрестности точки  $\delta_{\max} = 0$  с сохранением первого, линейного, члена разложения:

$$y_{\kappa} = y_{\kappa} \Big|_{\delta_{\max}=0} + \frac{\partial y_{\kappa}}{\partial \delta_{\max}} \Big|_{\delta_{\max}=0} \cdot \delta_{\max} + \dots \quad (8)$$

Из (7), при  $\delta_{\max} = 0$ :

$$y_{\kappa} \Big|_{\delta_{\max}=0} = r_3,$$

что соответствует случаю касания максимально выступающих зерен бруска с поверхностью заготовки (рис.3).

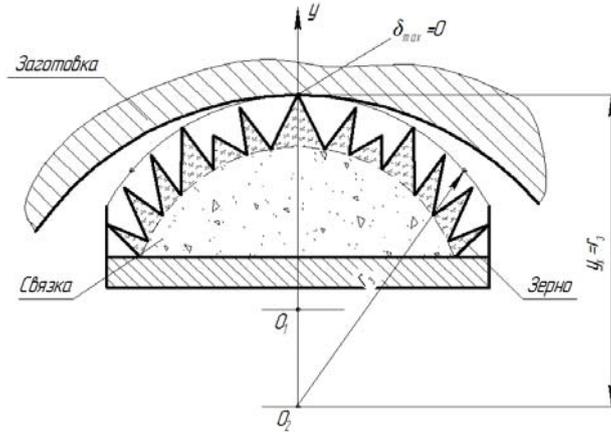


Рисунок 3 – Схема касания алмазных зерен бруска с поверхностью заготовки

Вычислим производную функции (7), предварительно преобразовав ее. В ней величина

$$\varepsilon^2 = (r_3 - r_{\text{обп}} + \delta_{\max})^2 = (r_3 - r_{\text{обп}})^2 + \delta_{\max}^2 + 2\delta_{\max}(r_3 - r_{\text{обп}}) \quad (9)$$

В этом выражении  $\delta_{\max}^2$  является величиной более высокого порядка малости, поэтому ею можно пренебречь. Тогда

$$\varepsilon^2 = (r_3 - r_{\text{обп}})^2 + 2\delta_{\max}(r_3 - r_{\text{обп}}) = (r_3 - r_{\text{обп}})(r_3 - r_{\text{обп}} + 2\delta_{\max}) \quad (10)$$

Подставляя (10) в (7) получим:

$$y_{\kappa} = \frac{(r_3 - r_{\text{обп}})(r_3 + \delta_{\max})}{r_3 - r_{\text{обп}} + \delta_{\max}}. \quad (11)$$

Вычислим производную функции (11):

$$\frac{\partial y_{\kappa}}{\partial \delta_{\max}} = \frac{(r_3 - r_{\text{обп}})(r_3 - r_{\text{обп}} + \delta_{\max}) - (r_3 - r_{\text{обп}})(r_3 + \delta_{\max})}{(r_3 - r_{\text{обп}} + \delta_{\max})^2}. \quad (12)$$

При  $\delta_{\max} = 0$ , (12) равна

$$\left. \frac{\partial y_k}{\partial \delta_{\max}} \right|_{\delta_{\max}=0} = \frac{r_{\text{бп}}}{r_3 - r_{\text{бп}}} . \quad (13)$$

Подставляя (13) в разложение (8), получим:

$$y_k = r_3 - \frac{r_{\text{бп}}}{r_3 - r_{\text{бп}}} \cdot \delta_{\max} . \quad (14)$$

Из (5) вычисляем координату  $x_k$ :

$$x_k = \sqrt{r_3^2 - y_k^2} . \quad (15)$$

Подставляя в формулу (15) формулу(14), получим:

$$x_k = \sqrt{\frac{2r_3 r_{\text{бп}}}{r_3 - r_{\text{бп}}} \cdot \delta_{\max}} . \quad (16)$$

Отсюда ширина контактной поверхности бруска:

$$b_k = 2x_k = 2\sqrt{2} \cdot \sqrt{\frac{r_3 r_{\text{бп}}}{r_3 - r_{\text{бп}}} \cdot \delta_{\max}} . \quad (17)$$

Рассмотрим отдельно задачу внедрения единичного зерна с боковой поверхностью в форме конуса в пластичную поверхность. Такое упрощающее условие принято для того, чтобы след отпечатка зерна на поверхности заготовки оставался геометрически подобным (рис.4).

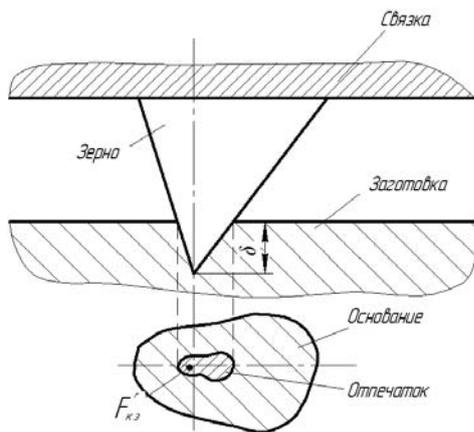


Рисунок 4 – Геометрическая схема внедрения конического зерна в пластичную поверхность

Тогда площадь отпечатка одного зерна:

$$F_{кз}^r \sim \delta^2 \text{ или } F_{кз}^r = \beta \cdot \delta^2 , \quad (18)$$

где  $\beta$  – коэффициент, зависящий от формы конического зерна.

Величину  $\beta$  можно определять и экспериментально, вдавливая большими моделями зерна в пластичную плоскую заготовку.

Рассмотрим теперь отдельно задачу внедрения контактирующих (режущих) зерен, расположенных на поверхности бруска, в пластичную поверхность (рис.5).

Пусть номинальная площадь по-

верхности бруска –  $F_{кз}^a$  .

На единице поверхности бруска имеется  $\bar{N}$  контактирующих зерен. Тогда общее число контактирующих зерен на поверхности бруска:

$$N = \bar{N} \cdot F_{кз}^a = \bar{N} \cdot k_з \cdot F_{кз}^r , \quad (19)$$

здесь  $F_{кз}^a$  – номинальная площадь контакта бруска с пластической поверхностью;  $F_{кз}^r$  – фактическая площадь контакта бруска с пластической поверхностью;  $k_з$  – коэффициент, учитывающий связь номинальной и фактической площадей контакта бруска (определяется экспериментально).

При измерении твердости по Виккерсу внедряется правильная четырехгранная пирамида с  $\alpha = 60^\circ$ . Метод измерения твердости по Виккерсу регламентируется ГОСТом 2999–75. Твердость определяется как отношение силы вдавливания к площади отпечатка

$$HV = \frac{P_y}{F_{кз}^r} , \quad (20)$$

где  $P_y$  – сила, приложенная к пирамиде (Н);  $F_{кз}^r$  - площадь отпечатка ( $\text{мм}^2$ ).

Тогда 
$$P_y = HV \cdot F_{кз}^r . \quad (21)$$

Рассмотрим алмазное зерно вместо пирамиды. Тогда сила на одном зерне будет определяться по формуле:

$$P_{уз} = \omega \cdot HV \cdot F_{кз}^r , \quad (22)$$

где  $\omega$  – коэффициент, учитывающий отличие формы зерна от формы пирамиды Виккерса.

С учетом (16) получим:

$$P_{уз} = \beta \cdot \omega \cdot HV \cdot \delta^2 . \quad (23)$$

Формула (23) связывает силу вдавливания одного зерна в заготовку с ее твердостью и глубиной внедрения.

Для группы контактирующих зерен  $\bar{N}$ :

$$P_{yNз} = \beta \cdot \omega \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot \delta^2 . \quad (24)$$

Коэффициенты  $\beta$  и  $\omega$  можно определить экспериментально для различных форм зерен, моделируя их микровдавливанием в образец из материала заготовки.

При переходе от состояния покоя к скольжению (микрорезанию) (рис.5) величина внедрения зерна уменьшается, что подтверждается в работах В.Д. Кузнецова [7] и М.М. Хрущова [8].

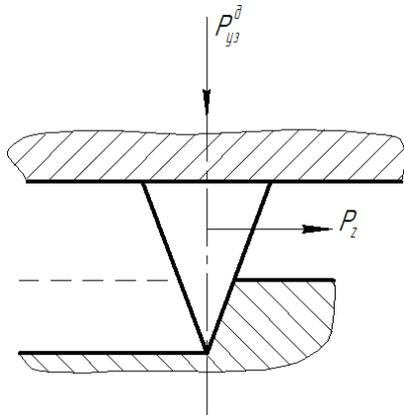


Рисунок 5 – Схема микрорезания

Тогда радиальная составляющая сила резания единичного зерна определяется следующей зависимостью:

$$P_{yз}^0 = \beta \cdot \omega \cdot HV \cdot k_0^2 \cdot \delta^2, \quad (25)$$

где  $k_0$  – коэффициент динамики, учитывающий уменьшение глубины внедрения зерна при резании (устанавливается экспериментально).

С учетом (24) для группы контактирующих зерен:

$$P_{yNз}^0 = \beta \cdot \omega \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot k_0^2 \cdot \delta^2. \quad (26)$$

С учетом (19) и (25) нормальная сила, приложенная к бруску с контактной площадью  $F_{кз}^a$  равна:

$$P_y = \beta \cdot \omega \cdot k_0^2 \cdot F_{кз}^a \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot \delta^2. \quad (27)$$

Номинальное контактное давление бруска:

$$q_y = \frac{P_y}{F_{кз}^a} = \beta \cdot \omega \cdot k_0^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot \delta^2. \quad (28)$$

Рассмотрим теперь три различных положения бруска относительно заготовки в пределах длины хода инструмента  $L_{ход.бр.}$ .

I положение – при перебеге бруска из малого диаметра отверстия (рис.6).

В этом положении имеет место контакт поверхности бруска с заготовкой на длине  $(l_{бр} - l_{неп.d})$ .

Номинальная площадь контакта:

$$F_{кз}^a = b_{бр} \cdot (l_{бр} - l_{неп.d}) \quad (29)$$

Сила на один брусок:

$$P_y = \beta \cdot \omega \cdot k_0^2 \cdot b_{бр} \cdot (l_{бр} - l_{неп.d}) \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot \delta^2. \quad (30)$$

Номинальное контактное давление:

$$q_y = \beta \cdot \omega \cdot k_0^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot \delta^2 . \quad (31)$$

Зная по условиям эксперимента  $P_y$ , из (28) можно рассчитать глубину внедрения зерна  $\delta$ .

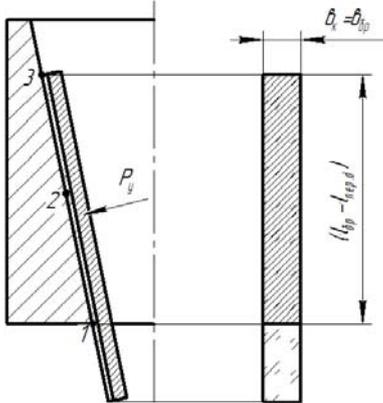


Рисунок 6 – Схема положения бруска относительно заготовки при перебеге из малого отверстия на величину  $l_{nep.d}$

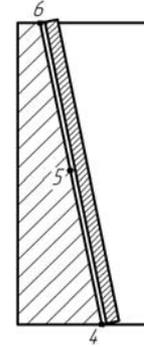


Рисунок 7 – Схема среднего положения бруска относительно заготовки

II положение – среднее относительно заготовки (рис.7).

В точках 4, 5 и 6 имеются следующие характерные радиусы кривизны бруска и заготовки:

	<u>заготовка</u>	<u>брусок</u>
<u>точка 4</u>	$r_3 = r_3^{\min} ;$	$r_{\delta p}^{\min} = r_3^{\min} - l_{nep.d} \cdot tg\alpha ;$
<u>точка 5</u>	$r_3^{cp} = \frac{r_3^{\min} + r_3^{\max}}{2} ;$	$r_{\delta p}^{cp} = \frac{r_{\delta p}^{\min} + r_{\delta p}^{\max}}{2} = r_3^{cp} - l_{nep.d} \cdot tg\alpha ; \quad (32)$
<u>точка 6</u>	$r_3 = r_3^{\max} ;$	$r_{\delta p}^{\max} = r_3^{\max} - l_{nep.d} \cdot tg\alpha ,$

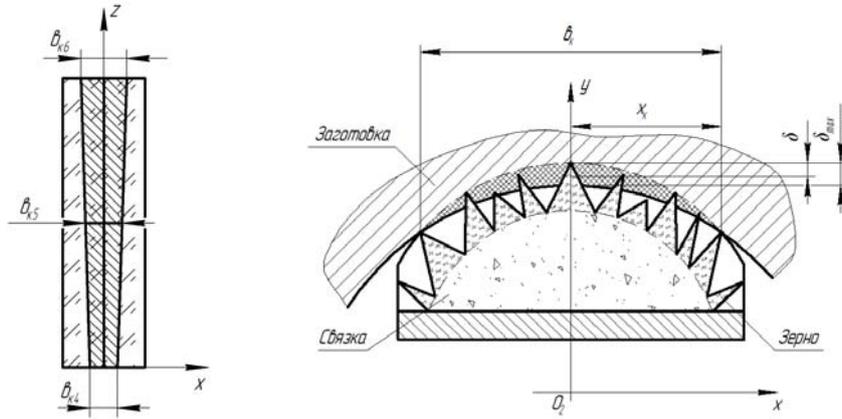
где  $\alpha$  – половина угла конуса отверстия заготовки.

В этом положении ширина контакта уже меняется по длине бруска (рис.8).

При этом глубина внедрения зерна меняется и вдоль ширины контакта  $b_k$  (вдоль оси  $x$ ) от  $\delta_{\max}$  до 0 (рис.9).

Аппроксимируем зависимость глубины внедрения зерна от координаты  $x$  квадратичной параболой (рис.9):

$$\delta = \delta_{\max} - \frac{4\delta_{\max}}{b_k^2} \cdot x^2 = \delta_{\max} \left( 1 - \frac{4x^2}{b_k^2} \right) . \quad (33)$$



Для упрощения заменим трапецию контакта (рис.8) на прямоугольник с такой же площадью (рис.10).

По формуле (17) вычисляем  $b_{k5}$  :

$$b_{k5} = 2\sqrt{2} \sqrt{\frac{r_{35} \cdot r_{\text{оп}5}}{r_{35} - r_{\text{оп}5}} \cdot \delta_{\text{max}}} , \quad (34)$$

где  $r_{35}$  и  $r_{\text{оп}5}$  определяются по формулам (32).

$$\text{Тогда} \quad F_{\text{ср.кз}}^a = b_{k5} l_{\text{оп}} = 2\sqrt{2} \cdot l_{\text{оп}} \sqrt{\frac{r_{35} \cdot r_{\text{оп}5}}{r_{35} - r_{\text{оп}5}} \cdot \delta_{\text{max}}} . \quad (35)$$

Рассмотрим бесконечно малый элемент поверхности контакта шириной  $dx$  (рис.10). Его площадь равна:

$$dF_{\text{кз}}^a = l_{\text{оп}} \cdot dx . \quad (36)$$

Глубина внедрения расположенных на нем зерен согласно (33):

$$\delta = \delta_{\text{max}} \left( 1 - \frac{4x_{\text{к}}^2}{b_{k5}^2} \right) . \quad (37)$$

Элементарная сила, приходящаяся на этот элемент поверхности, согласно (27):

$$dP_y = \beta \cdot \omega \cdot k_{\text{д}}^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot l_{\text{оп}} \cdot dx \cdot \delta_{\text{max}}^2 \cdot \left( 1 - \frac{4 \cdot x_{\text{к}}^2}{b_{k5}^2} \right)^2 . \quad (38)$$

Подставляя (34) в (38), получим:

$$dP_y = \beta \cdot \omega \cdot k_\delta^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot l_{\delta p} \cdot \delta_{\max}^2 \cdot \left( 1 - \frac{1}{2 \cdot \delta_{\max}} \cdot \frac{r_{35} - r_{\delta p 5}}{r_{35} \cdot r_{\delta p 5}} \cdot x_\kappa^2 \right)^2 dx. \quad (39)$$

Полная сила, действующая на брусок:

$$P_y = 2 \cdot \int_0^{b_{\kappa 5}/2} dP_y = 2 \cdot \beta \cdot \omega \cdot k_\delta^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot l_{\delta p} \cdot \delta_{\max}^2 \cdot \int_0^{b_{\kappa 5}/2} \left( 1 - \frac{4 \cdot x_\kappa^2}{b_{\kappa 5}^2} \right)^2 dx. \quad (40)$$

Вычислим интеграл:

$$\begin{aligned} I &= \int_0^{b_{\kappa 5}/2} \left( 1 - \frac{4x_\kappa^2}{b_{\kappa 5}^2} \right)^2 dx = \int_0^{b_{\kappa 5}/2} \left( 1 - \frac{2 \cdot 4x_\kappa^2}{b_{\kappa 5}^2} + \frac{4^2 x_\kappa^4}{b_{\kappa 5}^4} \right) dx = \\ &= \int_0^{b_{\kappa 5}/2} dx - \frac{8}{b_{\kappa 5}^2} \int_0^{b_{\kappa 5}/2} x_\kappa^2 dx + \frac{16}{b_{\kappa 5}^4} \int_0^{b_{\kappa 5}/2} x_\kappa^4 dx = \\ &= \frac{b_{\kappa 5}}{2} - \frac{8}{3} \cdot \frac{1}{b_{\kappa 5}^2} \cdot \frac{b_{\kappa 5}^3}{8} + \frac{16}{b_{\kappa 5}^4} \cdot \frac{1}{5} \cdot \frac{b_{\kappa 5}^5}{32} = 0,267 b_{\kappa 5}. \end{aligned}$$

Тогда 
$$P_y = 0,53 \cdot \beta \cdot \omega \cdot k_\delta^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot l_{\delta p} \cdot b_{\kappa 5} \cdot \delta_{\max}^2. \quad (41)$$

Усредненное контактное давление:

$$q_y = 0,53 \cdot \beta \cdot \omega \cdot k_\delta^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot \delta_{\max}^2. \quad (42)$$

После того, как определена величина перемещения бруска под действием силы  $P_y$  (она задана), по формуле (31) в любой точке можно рассчитать значение номинального контактного давления  $q_y$ .

Величина  $\delta$  рассчитывается по формуле (33) для каждого характерного поперечного сечения бруска.

Выделим на поверхности контакта бесконечно малый элемент (рис.11).

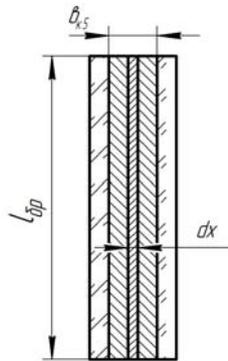


Рисунок 10 – Упрощенная схема контакта бруска с заготовкой

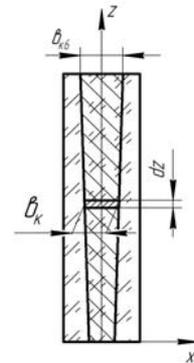


Рисунок 11 – Схема контакта при среднем положении бруска относительно заготовки

При этом уже будем учитывать как переменность  $q_y$ , так и ширину контактной поверхности бруска  $b_k$ .

Рассмотрим схему (рис.9) и формулу (33). В ней величина  $\delta_{\max}$  уже известна и контактное давление рассчитано по формуле (42).

Рис.12 отображает эпюру  $q_y$  на элементе.

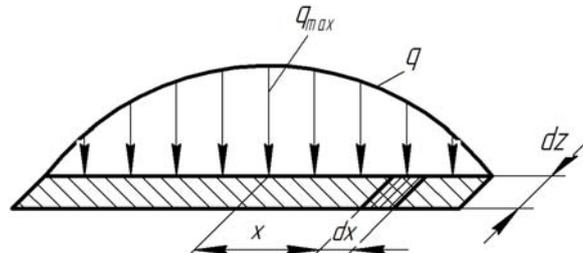


Рисунок 12 – Эпюра распределения контактных давлений на поверхности бруска

Величина  $q_y$  в любой точке определяется по формуле (28), а  $\delta$  – по формуле (33).

Для пользования формулой (33) необходимо в каждом поперечном сечении уметь рассчитывать радиусы кривизны бруска -  $r_{\text{бп}}$  и заготовки -  $r_3$ , то есть получить для  $r_{\text{бп}}$  и  $r_3$  зависимости от координаты  $z$  (рис.11). Это можно сделать по геометрической схеме (рис.7). Но для инженерных расчетов можно и ограничиться определением линейно распределенной нагрузки  $p_y$  в трех характерных точках (рис.7) – точка 4, точка 5 и точка 6. Для этих точек получены выражения  $r_{\text{бп}}$  и  $r_3$  в формуле (32).

Пусть, например, бесконечно малый элемент (рис.11) проходит через верхнюю точку 6. Для нее имеем из формулы (32):

$$r_{\text{бп6}} = r_3^{\max} - l_{\text{неп.д}} \cdot \text{tg} \alpha ; r_{36} = r_3^{\max} . \quad (43)$$

По формуле (17) вычисляем:

$$b_{к6} = 2\sqrt{2} \sqrt{\frac{r_{36} \cdot r_{\text{бп6}}}{r_{36} - r_{\text{бп6}}} \cdot \delta_{\max}} . \quad (44)$$

Номинальное контактное давление в любой точке этого элемента с учетом (28) и (33):

$$q_y = \beta \cdot \omega \cdot k_{\delta}^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot \delta_{\max}^2 \cdot \left(1 - \frac{4 \cdot x_k^2}{b_{к6}^2}\right) . \quad (45)$$

Сила, действующая на бесконечно малом элементе с размерами  $dx \times dz$  (рис.11), равна:

$$d\bar{p}_y = q_y \cdot dx \cdot dz = \beta \cdot \omega \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot \delta_{\max}^2 \cdot \left(1 - \frac{4 \cdot x_{\kappa}^2}{b_{\kappa 6}^2}\right)^2 \cdot dx \cdot dz . \quad (46)$$

Сила, приходящаяся на всю полосу шириной  $dz$  :

$$dp_y = 2 \cdot \int_0^{b_{\kappa 6}/2} d\bar{p}_y . \quad (47)$$

Этот интеграл вычисляется аналогично выше рассмотренному интегралу для  $P_y$  (41) и (42).

Тогда имеем:

$$dp_y = 0,53 \cdot \beta \cdot \omega \cdot k_0^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot b_{\kappa 6} \cdot \delta_{\max}^2 \cdot dz . \quad (48)$$

Сила, приходящаяся на единицу длины бруска, есть приведенная линейно распределенная нагрузка  $p_y$  :

$$p_{y6} = \frac{dp_y}{dz} = 0,53 \cdot \beta \cdot \omega \cdot k_0^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot b_{\kappa 6} \cdot \delta_{\max}^2 . \quad (49)$$

Для любого произвольного поперечного сечения бруска (или в любой его точке на продольной оси симметрии  $z$ ), приведенная линейно распределенная нагрузка  $p_y$  равна:

$$p_y = 0,53 \cdot \beta \cdot \omega \cdot k_0^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot b_{\kappa} \cdot \delta_{\max}^2 . \quad (50)$$

По формуле (50) можно построить эпюру  $p_y$  вдоль оси бруска и сравнить ее с экспериментальной.

Из формулы (28) следует, что максимальное контактное давление  $q_y^{\max}$  в середине ширины контакта равно:

$$q_y^{\max} = \beta \cdot \omega \cdot k_0^2 \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot \delta_{\max}^2 . \quad (51)$$

С учетом (50) и (51) связь между линейно распределенной нагрузкой  $p_y$  и средним по ширине контактным давлением  $q_y^{\max}$  имеет вид:

$$q_y^{\max} = 1,9 \cdot \frac{p_y}{b_{\kappa}} . \quad (52)$$

Точность обработки конических отверстий зависит от припуска обработки, что обеспечивается при равномерном внедрении режущих зерен по длине алмазного бруска в обрабатываемую поверхность.

Формула (50) позволяет определить глубину внедрения режущих зерен в любом поперечном сечении бруска:

$$\delta_{\max} = k_{\delta} \sqrt{\frac{p_y}{\beta \cdot \omega \cdot HV \cdot \bar{N} \cdot b_{\kappa}}} . \quad (53)$$

Как следует из формулы (53), равномерность внедрения режущих зерен из-за изменения ширины контакта по длине бруска зависит от величины  $p_y$  в каждом поперечном сечении. Постоянство  $\delta_{\max}$  можно достичь при использовании инструмента, сконструированного на основе результатов экспериментального исследования контактного взаимодействия с заготовкой.

Модель отражает как статическую, так и динамическую сущность процесса хонингования конических отверстий.

**Список использованных источников:** 1. *Джемилев Э.Ш.* Исследование контакта режущей поверхности бруска с деталью при хонинговании конических отверстий / Джемилев Э.Ш. – Севастополь: СевНТУ, 2008. – т.1. - с.47-48. – (Материалы международной научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Прогрессивные направления развития машино-приборостроительных отраслей и транспорта», 12-16 мая, 2008 г.). 2. *Демкин Н.Б.* Контактное взаимодействие шероховатых поверхностей / Демкин Н.Б. – М.: Наука, 1970. – 227 с. 3. *Рудзит Я.Н.* Микрогеометрия и контактное взаимодействие поверхностей / Рудзит Я.Н. – Рига: Зинатне, 1975. – 214 с. 4. *Фрагин И.Е.* О сущности явлений в контакте хонинговального бруска и обрабатываемой детали / Фрагин И.Е. – М.: Машиностроение, 1975. – с. 96 – 100. – (Физика и химия обработки материалов; № 5). 5. *Фрагин И.Е.* Исследование процесса хонингования / Фрагин И.Е., Сафронов В. – М.: НИИМАШ, 1965. – 178 с. 6. *Чеповецкий И.Х.* Механика контактного взаимодействия при алмазной обработке / Чеповецкий И.Х. – К.: Наукова думка, 1978. – 224 с. 7. *Кузнецов В.Д.* Наросты при резании и трении / Кузнецов В.Д. – М.: Машгиз, 1957. 8. *Хрущов М.М., Бабичев М.А.* Исследование изнашивания металлов / Хрущов М.М., Бабичев М.А. – М.: АН СССР, 1960.

**В.О. ЗАЛОГА**, д-р техн. наук, **О.Д. ДИННИК**,  
**О.В. ІВЧЕНКО**, канд. техн. наук, Суми, Україна

## **РОЗРОБКА МЕТОДУ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ЗАГОТІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА МАШИНОБУДІВНОГО ПІДПРИЄМСТВА**

У статті розглянуті проблеми оцінювання результативності системи управління якістю заготівельного виробництва машинобудівного підприємства, запропонована математична модель оцінювання результативності системи управління якістю заготівельного виробництва, яка дозволяє оцінити ступінь впливу процесів заготівельного виробництва на відносне значення показників якості заготовок.

В статье рассматриваются проблемы оценки результативности системы управления качеством заготовительного производства машиностроительного предприятия, предлагается математическая модель оценки результативности системы управления качеством заготовительного производства, позволяющая оценить степень влияния процессов заготовительного производства на относительное значение показателей качества продукции.

The article deals with the problems of estimation of control system effectiveness by quality of purveying production of machine-building enterprise. The mathematical model of estimation of control system effectiveness by quality of purveying production is offered, allowing to estimate the degree of influence of purveying production processes on the relative value of quality indexes of products.

### *Актуальність проблеми, мета та завдання досліджень*

Одним з основних інструментів удосконалення діяльності машинобудівних підприємств в сфері управління якістю є не лише оцінювання якості продукції (послуг), але й впровадження систем управління якістю, які повинні базуватися на оцінюванні внеску кожного з процесів даної системи в досягнення цілей підприємства в цілому.

Інструменти управління якістю, засновані на контролі якості вихідної продукції та статистичних методах контролю процесів, не дозволяють належним чином враховувати та реалізувати вимоги споживача до продукції в умовах конкурентного середовища. Тому сьогодні актуальним є питання розробки моделі оцінювання системи управління якістю заготівельного виробництва, результати якого можна використовувати для удоскона-

лення як процесів даної системи, так й для удосконалення самої системи управління [1].

Оцінювання якості системи заготівельного виробництва (ЗВ) повинне враховувати внесок кожного з процесів цієї системи в досягнення задач, поставлених перед заготівельним виробництвом машинобудівного підприємства, і ґрунтуватися на даних, отриманих в ході проведення оцінювання технічного рівня даного виробництва (рис. 1).

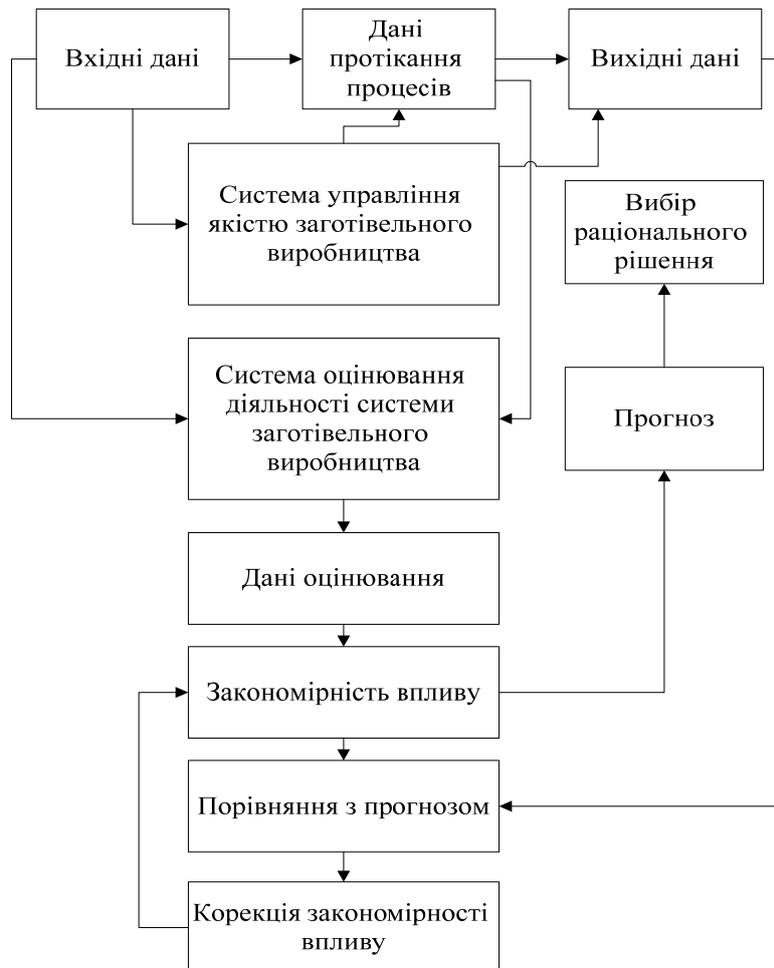


Рисунок 1 – Алгоритм процесу вибору критичних точок моніторингу процесів СУЯ ЗВ

Мета дослідження полягає в розробці методики оцінювання результативності системи управління якістю (СУЯ) ЗВ з урахуванням аналізу впливу процесів СУЯ на відповідність якості продукції ЗП вимогам споживачів.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розробити математичну модель, що описує взаємозв'язок структури процесів СУЯ ЗВ і характеристик якості продукції.

2. Розробити методику отримання вихідних даних для математичної моделі на основі оцінювання відповідності якості продукції ЗВ вимогам споживачів.

3. Розробити методику оцінювання результативності процесів СУЯ на основі впливу процесів на відповідність якості продукції ЗП вимогам.

4. Розробити методику виявлення процесів СУЯ ЗВ, що вимагають планування коректуючих дій, спрямованих на підвищення якості продукції ЗВ

*Розробка моделі оцінювання результативності системи управління якістю заготівельного виробництва*

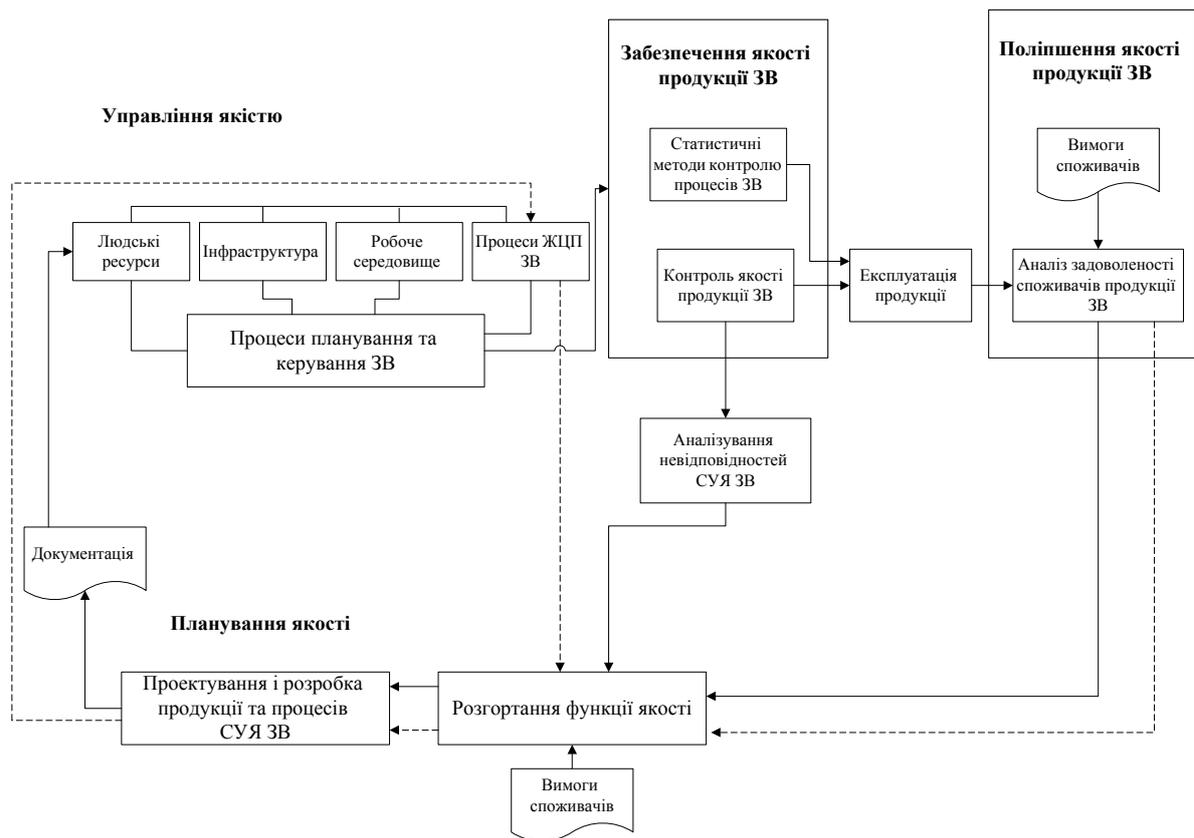
Оскільки продукція є результатом перетворення вихідних даних в результаті функціонування процесів, то, врахувавши вклад процесів в досягнення відповідності якості продукції ЗВ вимогам, ми отримаємо ефективний механізм, що дозволить збільшити оперативність управління процесами і скоротить витрати ресурсів на розробку і реалізацію попереджувальних заходів та коректуючих дій, а також дозволить вийти на принципово новий рівень результативності управління процесами СУЯ ЗВ (рис. 2).

Першим етапом оцінювання відповідності якості продукції ЗВ вимогам споживачів є збирання і обробка вихідних даних. В якості вихідних даних виступають відповіді респондентів на анкети, в яких споживач дає оцінку кожному показнику якості заготовки з точки зору необхідного рівня якості і фактично досягнутого заготівельним виробництвом рівня задоволеності.

Різниця необхідного і фактичного рівнів є абсолютною оцінкою відповідності якості заготовки вимогам. Для подальших розрахунків використовується також оцінювання відносної відповідності якості продукції ЗВ вимогам споживачів.

Вихідні дані, отримані в ході опиту респондентів, мають бути структуровані в матрицю з рядками  $m - 1; m$ , де непарний рядок  $m - 1$  містить досягнуті значення задоволеності споживача, а парний рядок  $m$  – необхідне значення задоволеності споживача показника якості продукції ЗВ:

$$[X] = \begin{pmatrix} x_{11} & \dots & x_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{m1} & \dots & x_{mn} \end{pmatrix}, \quad (1)$$



- Зворотній зв'язок для оцінювання внеску процесу у задоволеність споживача продукції ЗВ
- ЗВ        Заготівельне виробництво
- СУЯ ЗВ   Система управління якістю заготівельного виробництва
- ЖЦП     Життєвий цикл продукції

Рисунок 2 – Графічне зображення етапів моделі оцінювання результативності СУЯ ЗВ

Таким чином, задоволеність, досягнута за різними показниками якості, представлена в матриці (1) у всіх непарних рядках, необхідний рівень задоволеності – в парних рядках, а оцінки респондентів – в стовпцях (1:n).

Для оцінювання відносного значення відповідності якості заготовок вимогам по кожному показнику окремо необхідно розрахувати середні значення по кожному рядку матриці (1).

Оскільки матриця (1) є цільовою вибіркою з сукупності споживачів продукції ЗВ, для отримання дійсних оцінок середніх значень по виборці необхідно ввести в розрахунки урахування похибок або довірчих інтервалів, у межах яких із заданою вірогідністю знаходяться дійсні значення оцінюваних параметрів [2].

$$\left\{ \bar{X} \right\} = \left[ \begin{array}{c} \frac{\sum_{i=1}^n X_{1i}}{n} \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_{2i}}{n} \\ \dots\dots\dots \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_{m-1i}}{n} \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_{mi}}{n} \end{array} \right], \quad (2)$$

де  $\left\{ \bar{X} \right\}$  -множина середніх значень оцінок;  
 $X_{m-1i}$  - $i$ -та оцінка досягнутого рівня якості показника якості  $m$ ;  
 $X_{mi}$  - $i$ -та оцінка необхідного рівня якості показника якості  $m$ .

Розрахунок дійсних значень оцінки показників якості здійснюється за формулою[3]:

$$\begin{aligned} \hat{X}(P) &= X \pm \delta_p, \\ P &= \dots\% \end{aligned} \quad (3)$$

де  $\hat{X}(P)$  - дійсне значення оцінки показника якості;

$\bar{X}$  -середньозважене значення результатів вимірювань показника якості;

$\delta_p$  - половина величини довірчого інтервалу;

$P$  - вибрана вірогідність потрапляння в довірчий інтервал.

Для визначення кордонів довірчого інтервалу скористаємося розподілом Стюдента, який використовується для оцінювання довірчих інтервалів нормально розподілених величин при невеликій кількості вимірювань і невідомому об'ємі генеральної сукупності.

Довірча границя похибки результату вимірювань показника опитування  $\delta_p$  розраховується, як [2]:

$$\delta_p = t_{P(k)} \frac{\sigma_x}{\sqrt{n}}, \quad (4)$$

де  $t_{P(k)}$  - значення дробу Стюдента для заданої вірогідності попадання у довірчий інтервал;

$k$  – кількість ступенів свободи ( $k = n - 1$ );

$n$  – об'єм вибірки;

$\sigma_x$  – величина дисперсії відповідей споживачів з даного питання.

Дисперсія в виразі (4) розраховується за формулою:

$$\sigma_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{X} - X_i)^2}{n-1}}, \quad (5)$$

де  $\bar{X}$  – середнє значення оцінок вибіркової сукупності;

$X_i$  –  $i$ -й показник якості продукції ЗВ;

$n$  – розмір вибірки.

В цілях спрощення подальших розрахунків, з урахуванням того, що результати досліджень націлені на виявлення шляхів для поліпшення показників якості, прийемо в якості дійсних оцінок показників нижні кордони довірчих інтервалів, тобто у формулі (3) прийемо знак мінус.

Дійсні значення рядків матриці (1) можна розрахувати як середні значення рядків з врахуванням довірчих інтервалів. Таким чином, формула (2) прийме вигляд:

$$\left\{ \hat{X} \right\} = \left[ \begin{array}{l} \frac{\sum_{i=1}^n X_{1i}}{n} - t_{P(k)} \frac{\sigma_{x1}}{\sqrt{n}} \\ \dots \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_{m-1i}}{n} - t_{P(k)} \frac{\sigma_{xm-1}}{\sqrt{n}} \\ \frac{\sum_{i=1}^n X_{mi}}{n} - t_{P(k)} \frac{\sigma_{xm}}{\sqrt{n}} \end{array} \right] \quad (6)$$

де  $\left\{ \hat{X} \right\}$  – множина дійсних значень оцінювання;

$x_{ji}$  –  $i$ -те значення  $j$ -го рядка матриці (1);

$n$  – кількість значень  $x$  ряду  $i$ ;

$j$  – кількість рядків;

$\sigma_{xj}$  – дисперсія множини  $x$  ряду  $j$ ;

$t_{P(k)}$  – значення дробу Стьюдента.

Різниця рядків  $(m-l;m)$  матриці (1), тобто кожної пари рядків (непарного і парного), дає абсолютну оцінку досягнення задоволеності споживачів продукції ЗВ по кожному показнику якості. Оскільки матриця

(1) перетворена в множину дійсних значень  $\{\hat{X}\}$  (6), то абсолютною оцінкою досягнення задоволеності споживачів по кожному показнику є різниця між кожним парним і непарним дійсними значеннями  $\left(\hat{x}_m - \hat{x}_{m-1}\right)$ . Відносне

значення відповідності по кожному показнику розраховується для отримання даних про рівень досягнення необхідних параметрів, що для приведення даних до єдиної шкали і можливості розрахунку підсумкового Індексу задоволеності споживача приймаються за одиницю (100%). Відносне значення відповідності визначається як функція  $\varphi$  від пари дійсних значень:

$$\varphi\left(\hat{x}\right) = \left(1 - \frac{\hat{x}_m - \hat{x}_{m-1}}{\hat{x}_m}\right) \quad (7)$$

де  $\hat{x}_m$  - дійсне значення потрібного рівня якості показника якості;

$\hat{x}_{m-1}$  - дійсне значення досягнутого рівня якості продукції ЗВ.

Для отримання відносних значень відповідності за всіма даними вибірки візьмемо функцію  $\varphi$  від множини дійсних значень  $\{\hat{X}\}$ .

$$\left\{\varphi\left(\hat{x}_1\right); \varphi\left(\hat{x}_2\right); \varphi\left(\hat{x}_3\right); \dots; \varphi\left(\hat{x}_{m-1}\right); \varphi\left(\hat{x}_m\right)\right\} = \left\{\left(1 - \frac{\hat{x}_2 - \hat{x}_1}{\hat{x}_2}\right); \left(1 - \frac{\hat{x}_4 - \hat{x}_3}{\hat{x}_4}\right); \dots; \left(1 - \frac{\hat{x}_m - \hat{x}_{m-1}}{\hat{x}_m}\right)\right\} \quad (8)$$

де  $\varphi\left(\hat{x}_i\right)$  - функція відносної відповідності  $i$ -го елемента множини  $\{\hat{X}\}$ ;

$m$  - кількість елементів множини, де парні елементи - дійсні значення *необхідного* рівня якості продукції ЗВ, непарні - дійсні значення *досягнутого* рівня якості продукції ЗВ.

Відносні значення відповідності, що складають множину  $\{\varphi\}$  і дозволяють оцінити міру виконання вимог споживача за окремими показниками якості, служать основою для оцінювання комплексного показника якості - *Індексу задоволеності споживачів* (ІЗС) [4] [5], а також є вихідними дани-

ми для розрахунку ступеню впливу процесів ЗВ на досягнутий рівень задоволеності, визначення якого є одним із завдань дослідження.

Перш ніж визначати внесок процесів в досягнення задоволеності споживача продукції ЗП за окремими показниками якості, необхідно визначити значення комплексного показника, що інтегрує оцінки окремих показників в єдине значення ІЗС.

Кожен показник вносить до рівня задоволеності споживачів продукції ЗВ певний вклад, у зв'язку з чим, для розрахунку ІЗС необхідно визначити середньозважене значення множини  $\{\varphi\}$ .

Для розрахунку міри впливу пропонується використовувати, з точки зору вкладу в загальну задоволеність, експертний метод парного порівняння показників [6].

Сутність експертного методу парного порівняння полягає в тому, що загальне завдання експертизи і встановлення порівняльних ступенів впливу показників розбивається на ряд елементарних завдань. У кожному елементарному завданні  $i$ -й експерт ( $i = 1, m$ ) попарно порівнює між собою лише два показники. Для важливішого показника встановлюється  $q=2$ , для менш важливого – 0. Якщо показники рівні, кожному з них привласнюється  $q=1$ . Результати порівняння заносяться в матрицю розмірності  $j \times j$ , яка використовується для визначення вагомості об'єктів  $i$ -м експертом:

$$\begin{pmatrix} q_{11} = 1 & q_{12} & a_{1m} \\ q_{21} & q_{22} = 1 \dots & a_{2m} \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{nm} = 1 \end{pmatrix} \quad (9)$$

Приклад розрахунку вагових значень ряду даних наведений в таблиці 1.

Таблиця 1 – Приклад розрахунку вагових значень методом парних порівнянь

$\{\varphi(x)\}$	$\varphi(x)$			$\sum x_{ij}$	$q_i$ <small>вес</small>
$\varphi_1(x)$	1	0	...	2	0,3
$\varphi_2(x)$	2	1		2	0,6
$\varphi_3(x)$	0	0		1	0,1
Разом				9	1

*Метод розрахунку Індексу Задоволеності споживачів*

Комплексний показник якості ІЗС розраховується як середньозважене відносних значень відповідності  $\varphi(x)$  з врахуванням вагових коефіцієнтів  $q_j$ , визначених експертним методом парного порівняння з урахуванням поправки оцінки границь довірчого інтервалу:

$$Q = \sum_{j=1}^m \varphi(\bar{X}_j) q_j, \quad (10)$$

де  $Q$  – індекс задоволеності споживача

$\varphi(\bar{X}_j)$  – відносне значення відповідності  $j$ -го показника якості

$$\hat{X}; j = 1/m,$$

$m$  – кількість елементів сукупності (8)

$q_j$  – експертний ваговий коефіцієнт розрахунку комплексних показників для  $j$ -го показника множини  $\{\varphi\}$ , отриманий методом парного порівняння.

Для уточненого розрахунку границь довірчого інтервалу необхідно знайти такі оцінки дійсного значення  $\hat{Q}$  вимірюваних прямими способами величин  $\bar{X}$ , які при підставленні в рівняння (10) давали б оцінку дійсного значення побічно вимірюваної величини. Оскільки ці оцінки пов'язані з відповідними випадковими похибками, можемо записати:

$$\hat{Q} - \lambda = \sum_{i=1}^n \varphi(\bar{X}_i - \lambda_i) q_j, \quad (11)$$

де  $\lambda = \hat{Q} - Q$  – випадкова похибка оцінки  $\hat{Q}$ ;

$$\lambda_i = \hat{x}_i - \bar{x}_i - \text{випадкова похибка оцінки } \bar{x}_i;$$

Розкладемо рівняння (10) в ряд Тейлора за двома ступенями випадкових похибок[7]. У результаті перетворень ряду отримаємо:

$$\hat{Q} - \lambda = \left( \sum_{i=1}^n \varphi(\bar{x}_i) q_j - \sqrt{\sum_{i=1}^n \left( \frac{\sum_{i=1}^n \varphi(\bar{x}_i) q_i}{\varphi(\bar{x}_i)} \times \delta_{pi} \right)^2} \right), \quad (12)$$

де  $\hat{Q}$  – середньозважене відносних значень відповідності  $\varphi(\bar{x}_i)$ ;

$\lambda$  – підсумкова похибка вимірів.

Підставивши в рівняння (12) значення  $\varphi(\bar{x}_i)$ ,  $\delta_{pi}$  і  $q_i$ , можна отримати дійсне значення ІЗС, що із заданою вірогідністю Р потрапляє в границі довірчого інтервалу.

Визначення ступеню впливу процесу на досягнення відносного значення відповідності показника якості продукції ЗВ полягає у визначенні експертними методами коефіцієнтів кореляції процесів і показників якості продукції ЗВ з метою встановлення внеску кожного з процесів ЗВ в досягнутий рівень відносної відповідності досягнутого рівня якості вимогам споживачів по кожному показнику

Коефіцієнти кореляції встановлюються за допомогою розгортання функції якості (QFD)[8], при цьому в стовпцях матриці (таблиця 2) представлені виробничі (операційні) процеси, що формують цінність для споживача продукції ЗВ. У точці перетину стовпця  $i$ -го процесу і рядка  $j$ -го показника експерти визначають значення коефіцієнта  $k_{ij}$  з інтервалу  $(-3; +3)$  з кроком 1,5. Значення, що дорівнює 3 відповідає сильній кореляції, 1,5 – слабкій кореляції, 0 – свідчить про відсутність кореляції. Знак коефіцієнту  $k_{ij}$  визначає характер кореляції – позитивна / негативна.

Таблиця 2 – Оцінка коефіцієнтів кореляції показників і процесів

	$\varphi_1(x)$	$\varphi_2(x)$	$\varphi_3(x)$	...	$\varphi_n(x)$
$\Omega_1$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$		$k_{1n}$
$\Omega_2$	$k_{21}$	$k_{22}$	$k_{23}$		$k_{2n}$
			...		
$\Omega_m$	$k_{m1}$	$k_{m2}$	$k_{m3}$		$k_{mn}$

Внесок відповідного процесу в досягнутий рівень задоволеності оцінюється як середнє значення сум добутоків коефіцієнтів кореляції  $k_{\Omega\varphi}$  процесів і показників якості і відносних значень відповідності показників якості  $\varphi(\hat{x})$  рядка  $i$ -го процесу (табл.. 2):

$$\Omega_i = \frac{\sum_{j=1}^n \varphi(\hat{x}_j) k_{ij}}{\sum_{j=1}^m k_{ij}} \times 100, \quad (13)$$

де  $\Omega_i$  – ступінь впливу  $i$ -го процесу ЗВ на досягнення відповідності якості вимогам;

$\varphi(x_j)$  – відносне значення відповідності  $j$ -го показника якості продукції ЗВ;

$k_{ij}$  – коефіцієнт кореляції  $i$ -го процесу ЗВ і  $j$ -го показника якості.

Для оцінювання критеріїв результативності розглянутого процесу з точки зору задоволеності споживачів, а також включення даних в оцінювання результативності процесів необхідно визначити вагові значення відносного ступеня впливу цього процесу[9]:

$$v_{\Omega_i} = \frac{\Omega_i}{\sum_{i=1}^m \Omega_i}, \quad (14)$$

де  $v_{\Omega_i}$  – міра впливу  $i$ -го процесу;

$\varphi(x_j)$  – відносна відповідність  $j$ -го показника табл. 2;

$k_{ij}$  – коефіцієнт кореляції  $i$ -го процесу ЗВ і  $j$ -го показника якості;

$\Omega_i$  – міра впливу  $i$ -го процесу на досягнення відповідності якості вимогам.

Модель розрахунку ступеню впливу процесів ЗВ на відносну відповідність показників і рейтинг впливу процесів ЗВ включені в математичну модель розгортання функції якості процесів, представлену у вигляді таблиці 3.

Таблиця 3 – Модель розрахунку ступеню впливу процесів ЗВ на досягнення відносної відповідності якості продукції вимогам споживачів

$\Omega$	$\varphi_1(x)$	$\varphi_2(x)$	$\varphi_3(x)$	$\varphi_n(x)$	$\sum_{j=1}^n \varphi_j k_{\Omega\varphi}$	$\sum_{j=1}^n k_{\Omega\varphi}$	$\Omega_i$
$\Omega_1$	$k_{11}$	$k_{12}$	$k_{13}$	$k_{1n}$	$k_{11}\varphi_1(x) + k_{12}\varphi_2(x) + k_{13}\varphi_3(x) + \dots + k_{1n}\varphi_n(x)$	$\sum_{j=1}^n k_{\Omega_1 j}$	$\frac{\sum \varphi_j k_{\Omega_1 \varphi}}{\sum k_{\Omega_1 \varphi}}$
$\Omega_2$	$k_{21}$	$k_{22}$	$k_{23}$	$k_{2n}$	$k_{21}\varphi_1(x) + k_{22}\varphi_2(x) + k_{23}\varphi_3(x) + \dots + k_{2n}\varphi_n(x)$	$\sum_{j=1}^n k_{\Omega_2 j}$	$\frac{\sum \varphi_j k_{\Omega_2 \varphi}}{\sum k_{\Omega_2 \varphi}}$
$\Omega_m$	$k_{m1}$	$k_{m2}$	$k_{m3}$	$k_{mn}$	$k_{m1}\varphi_1(x) + k_{m2}\varphi_2(x) + k_{m3}\varphi_3(x) + \dots + k_{mn}\varphi_n(x)$	$\sum_{j=1}^n k_{\Omega_m j}$	$\frac{\sum \varphi_j k_{\Omega_m \varphi}}{\sum k_{\Omega_m \varphi}}$

На основі даних, отриманих при визначенні ступеню впливу процесів ЗВ на досягнення відносної відповідності показників якості продукції вимогам, можна визначити напрями для поліпшення якості продукції ЗВ за допомогою виявлення процесів, ступінь впливу яких збільшує ризики незадоволення споживачів і зміни ступеню впливу яких згідно знаку кореляції приведе до зростання ІЗС. Закономірність впливу процесів на ІЗС визначається вирішенням системи рівнянь:

$$\{\text{var } \Omega\} = \begin{cases} \max \Omega \left( \varphi \left( \hat{x}_i \right) \right), \\ \max_{Q \rightarrow 1} Q \end{cases} \quad (15)$$

де  $\{\text{var } \Omega\}$  - сукупність значень ступенів впливу процесів  $\Omega \left( \varphi \left( \hat{x}_i \right) \right)$ , при яких досягається максимальне наближення підсумкової задоволеності  $Q$  до значення 1.

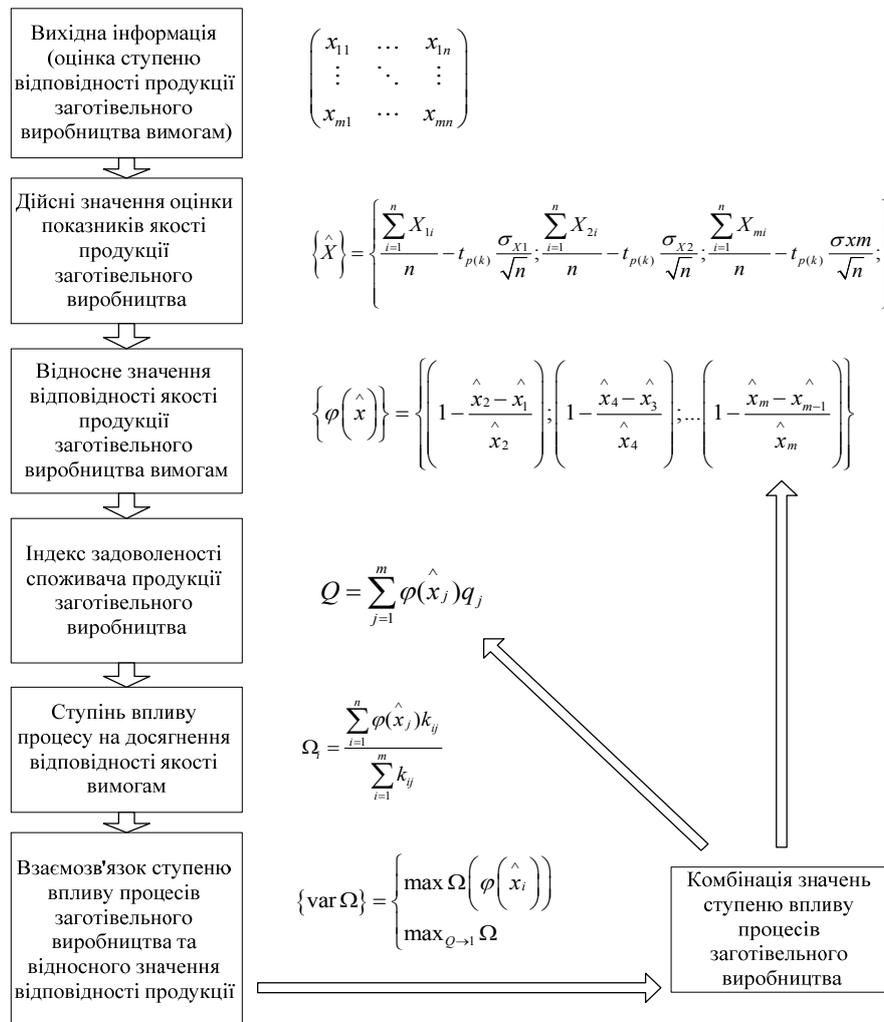


Рисунок 3—Графічне зображення моделі оцінювання результативності СУЯ заготівельного виробництва на основі Індексу задоволеності споживача

Вирішення системи рівнянь (15) полягає в підстановці значень ступенів впливу процесів в отриману в результаті практичних розрахунків закономірність таким чином, щоб підсумковий ІЗС максимально наблизився до границі, рівній одиниці (100%).

Розроблена математична модель графічно представлена на рис. 3, і відображає послідовність виконання математичних операцій, що приведені в даних дослідженнях.

#### *Висновок*

В роботі запропонована математична модель оцінювання результативності системи управління якістю заготівельного виробництва на основі розрахунку Індексу задоволеності споживачів, який дозволяє приймати раціональні рішення щодо удосконалення діяльності системи на оперативному і на тактичному рівнях управління. Модель оцінювання дозволяє:

- оцінювати статистичну придатність даних, отриманих в результаті опитування споживачів;
- визначати відносні значення відповідності показників якості продукції заготівельного виробництва встановленим вимогам;
- визначити індекс задоволеності споживачів даної системи (процесів системи);
- оцінити ступінь впливу процесів заготівельного виробництва на відносне значення відповідності показника якості продукції й індексу задоволеності споживачів;
- визначення функції взаємозв'язку ступеня впливу процесу заготівельного виробництва й відносного значення відповідності продукції.

**Список використаних джерел:** 1. Ричард Б. Чейз, Николас Дж. Эквилайн, Роберт Ф. Якобс. Производственный и операционный менеджмент, 8-е издание. пер. с англ. М. : ИД "Вильямс", 2001. - 704 с. 2. Ниворожкина Л.И, Морозова З.А и др. Основы статистики с элементами теории вероятности для экономистов: Руководство для решения задач. Ростов н/Д. : Феникс, 1999. - 320 с. 3. Бурдун Г.Д., Марков Б.Н. Основы метрологии. Учебное пособие для вузов. Издание второе, дополнено. М. : Издательство стандартов, 1995. - 336с. 4. Молодов М.В. Оценка удовлетворенности общества деятельностью организации. // Методы менеджмента качества. 2004. - №. 4 - С.22-24. 5. Шишков Г.М., Кошкин Д.К. Удовлетворенность потребителя. Стоимость достижения. // Компетентность, 2004. - №5 - С.40-42. 6. Федюкин, В.К. Управление качеством процессов. СПб : Питер, 2004. - 208с. 7. Черный, А.А. Математическое моделирование в литейном производстве: Учеб.пособие. Пенза : Пенз.гос.ун-т, 2001. - 121с. 8. М.Г. Круглов и др., Менеджмент систем качества. Учебн.пособие. М. : Изд-во стандартов, 1997. - 364 с. 9. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності: ДСТУ ISO 9004:2001.[Чинний від 27.06.2001]. К.: Держспоживстандарт України. 41с.

**ЗАЛОГА В.О.**, д-р техн. наук, **ІВЧЕНКО О.В.**, канд. техн. наук,  
**УДОД Н.М.**, Суми, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВИМОГ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ЩОДО ЯКОСТІ ҐРУНТІВ В УКРАЇНІ ТА КРАЇНАХ ЄС**

На основі кваліметричного методу оцінювання проведено порівняльний аналіз вимог українських і європейських нормативних документів щодо управління якістю ґрунтів. Це дозволило зробити висновок що ступінь сумісності вимог нормативних документів України та Європи щодо якості ґрунтів визначається згідно шкали «бажаності», як «Задовільний».

Ключові слова: ґрунти, компоненти довкілля, метод «бажаної функції», узагальнений показник, вимоги.

На основе кваліметрического метода оценки проведен сравнительный анализ требований украинских и европейских нормативных документов относительно управления качеством почв. Это позволило сделать вывод о том, что степень совместимости требований нормативных документов Украины и Европы относительно качества почв определен согласно шкалы «желательности», как «Удовлетворительный».

Ключевые слова: почва, компоненты окружающей среды, метод «желаемой функции», обобщенный показатель, требования.

On the basis of quality method estimation the comparative analysis of requirements of the Ukrainian and European normative documents is conducted in relation to a quality of soils management. It allowed to draw conclusion that degree of compatibility of requirements of normative documents of Ukraine and Europe in relation to quality of soils certain in obedience to the scale of «desirability», as «Satisfactory».

Keywords: soil, method of the «desired function», generalized index, requirements.

**Вступ.** Створення та впровадження міжнародних екологічних стандартів – це результат великої необхідності вирішення проблеми світового рівня: викиди в атмосферу, забруднення річок і водойм тощо не обмежується територією лише однієї країни. Міжнародні екологічні стандарти визначають методи створення та забезпечення функціонування систем екологічного управління на підприємствах та організаціях, вимоги до таких систем, встановили вимоги до екологічного аудиту тощо.

Зусилля України щодо адаптації екологічного законодавства до права навколишнього середовища ЄС останніми роками зумовили перегляд ряду підходів до правового регулювання охорони навколишнього середо-

вища та раціонального природокористування, зокрема, до організації моніторингу, стандартизації, оцінювання впливу на навколишнє середовище, організації екологічного аудиту, створення екологічної мережі та ін. Внесено чимало інших змін до законодавства України під кутом зору наближення його до європейських стандартів [1]. Поліпшилось інформаційне та організаційне забезпечення даного процесу.

Для реалізації гармонізації стандартів в галузі природоохоронної діяльності в Україні з вимогами європейських стандартів необхідно провести порівняльне оцінювання вимог нормативних документів (НД) щодо управління якістю компонентів довкілля.

**Метою даної роботи** є проведення порівняльного аналізу вимог національних і європейських НД щодо управління якістю одного з компонентів довкілля – ґрунтів.

**Розробка методу розрахунків та проведення порівняльного аналізу.** Для оцінювання відповідності вимог НД запропоновано використовувати комплексний метод оцінювання, який складається з різних груп оцінюваних показників і заснований на вживанні узагальненого показника відповідності вимог.

Використання такого узагальненого показника дозволяє визначити показники відповідності для різних вимог стосовно ґрунтів.

В даній роботі рекомендовано використовувати метод Харрінгтона (метод «бажаної функції»), який був запропонований для оцінювання якості продукції по одному ключовому показнику, що характеризує якість оцінюваної продукції [2]:

$$d = e^{-(e^{-\gamma'})}, \quad (1)$$

де  $d$  – безрозмірна величина;

$e$  – основа натуральних логарифмів;

$\gamma'$  – еквівалент натурального значення оцінюваного показника якості.

Перевага даного методу полягає в тому, що натуральні значення показників з різною розмірністю математично перетворюються в безрозмірні величини, що мають якісний зміст і дають кількісну оцінку рівня показника відносно гранично допустимих його значень. Користуючись величинами  $d$ , розрахованими для кожного показника, можна виконувати будь-які

математичні операції для комплексної оцінювання якості продукції, процесу, системи.

Цей метод має і певні недоліки: суб'єктивне встановлення номінального і кращого граничних значень рівня якості; неприйняття до уваги всієї сукупності натуральних значень показника, властивих даному класу продукції, що приводить до спотворення оцінювання комплексного показника. Критерії оцінювання значень комплексних показників відповідності представлені в табл. 1 [2].

Таблиця 1 – Критерії оцінки узагальнених показників відповідності вимог нормативних документів

Оцінка	Діапазон зміни значень комплексного показника
«Дуже добре»	1 – 0,80
«Добре»	0,80 – 0,63
«Задовільно»	0,63 – 0,37
«Погано»	0,37 – 0,20
«Дуже погано»	0,20 і нижче

Для оцінювання комплексного (узагальненого) показника якості продукції було запропоновано розраховувати узагальнену бажаність ( $D$ ) за наступним методом [2]:

$$D = \sqrt[m]{\prod_{i=1}^m d_i^{\gamma_i}}, \quad (2)$$

де  $\gamma_i$  – параметр вагомості  $i$ -тої бажаності;

$m$  – загальна кількість показників, що характеризують якість продукції.

У формулі (2) для обчислення комплексного показника оцінки відповідності вимог НД входить параметр вагомості  $\gamma_i$ , який характеризує вклад  $i$ -го показника якості в загальну сумісність вимог НД.

Для розрахунків коефіцієнт вагомості приймаємо рівнозначним і його величина розраховується за формулою:

$$\gamma = \frac{1}{N},$$

де  $N$  – загальна кількість показників якості компонента.

При розрахунку комплексного показника оцінки відповідності вимог НД ( $D = R$ ) як  $i$ -тої бажаності ( $d_i = r_i$ ) рекомендовано використовувати

показник відповідності  $i$ -тої вимоги до компонентів довкілля, вказаного в національних і європейських стандартах.

Параметр відповідності  $i$ -тої вимоги ( $\gamma = p$ ) (див. пояснення до формули (1)) рекомендується характеризувати за допомогою величини нормативного значення показника якості компонентів довкілля, вказаного у відповідних стандартах.

При розрахунках показника відповідності  $i$ -тої вимоги, безрозмірної величини рівня бажаності ( $r_i$ ), використовується еквівалент натурального значення оцінюваного параметра результативності  $i$ -тої вимоги до компонента довкілля  $p'_i$ . Дану величину рекомендовано визначати за методом раціональних і номінальних значень:

$$r_n = 0,373 \approx \left(\frac{1}{e}\right),$$

$$r_{рац} = 0,63 \approx \left(\frac{1}{1-e}\right),$$

$$p'_n = -\left[\ln(-\ln r_n)\right],$$

$$p'_{рац} = -\left[\ln(-\ln r_{рац})\right],$$

де  $r_n$  і  $r_{рац}$  номінальне і раціональне значення показника відповідності  $i$ -тої вимоги НД.

Тоді  $p'_n = 0,0057$  і  $p'_{рац} = 0,772$ .

Запишемо систему лінійних перетворюючих рівнянь:

$$\begin{cases} p'_n = b_0 + b_1 \times p_n \\ p'_{рац} = b_0 + b_1 \times p_{рац} \end{cases} \quad (3)$$

Звідки визначимо константи:

$$b_1 = \frac{p'_n - p'_{рац}}{p_n - p_{рац}} \quad (4)$$

$$b_0 = p'_n - b_1 \times p_n \quad (5)$$

З системи рівнянь (3) отримаємо загальне перетворююче рівняння:

$$p' = b_0 + b_1 \times p \quad (6)$$

Аналіз виразу (4) і (5) показує, що при виборі значень номінального і раціонального параметрів сумісності  $i$ -го показника необхідно, щоб виконувалися наступні умови:

$$p_n > 0, p_{рац} > 0$$

Після виконання розрахунків отриманий комплексний показник оцінки відповідності вимог національних і європейських стандартів порівнюємо із значеннями заданими в таблиці 1 і визначаємо міру відповідності вимог.

Таблиця 2 – Дані розрахунку сумісності вимог нормативних документів України та Європи щодо якості ґрунтів

Показник	$p_n$	$p_{рац}$	$p$	$b_1$	$b_0$	$p'$	$d$
Миш'як	50	29	10	-0,0365	1,8302	1,4653	0,7937
Свинець	600	85	32	-0,0015	0,8985	0,8509	0,6524
Кадмій	20	0,8	3	-0,0399	0,8039	0,6842	0,6038
Хром	800	100	100	-0,0011	0,8815	0,772	0,6299
Нікель	500	35	85	-0,0017	0,8297	0,6896	0,6055
Ртуть	10	0,3	2,1	-0,079	0,7957	0,6298	0,5870
Цинк	3000	140	100	-0,0003	0,8095	0,7827	0,6331
Мідь	500	36	55	-0,0017	0,8315	0,7406	0,6208
Кобальт	300	20	50	-0,0027	0,8267	0,6899	0,6055
Бенз(а)пірен	12	2	0,02	-0,0766	0,9253	0,9237	0,6723
Молібден	200	10	0	-0,0040	0,8123	0,8123	0,6416
Олово	300	20	0	-0,0027	0,8267	0,8267	0,6457
Ціаніди	100	50	0	-0,0153	1,5383	1,5383	0,8067

Для проведення розрахунку приймаємо наступні припущення:

$p_{рац}$ ,  $p_n$  – значення нормативу в європейських стандартах;

$p$  – максимальне значення нормативу в стандартах України;

$p_{рац}$  – мінімальне значення інтервалу вмісту забруднюючих речовин;

$p_n$  – максимальне значення інтервалу вмісту забруднюючих речовин;

$p=0$ , якщо показник не нормується;

$d=1$ , якщо значення  $p_{рац}$  і  $p_n$  не нормуються.

Якщо значення вмісту забруднюючих речовин нормується не інтервалом, тоді  $p_n$  – задане значення показника, а  $p_{рац}$  – приймаємо рівним:

$$p_{рац} = 10\% \times p_n .$$

Дані, отримані в результаті розрахунків, наведені в таблиці 2.

На рисунку 1 графічно відображена ступінь відповідності вимог національних і європейських НД щодо якості ґрунтів. З рисунка видно, що по жодному показнику вимоги України та Європи не співпадають і мають розбіжності майже до 60 – 80 % по 6 параметрам з 13 (країни ЄС їх не оцінюють), а вимоги до параметрів якості ґрунтів що залишилися на 20 – 40 % в Україні «м'якші» ніж в країнах ЄС.

**Висновки та рекомендації.** Отримане значення комплексного (узагальненого) показника  $D = 0,620613$  для співвідношення вимог українських нормативних документів до європейських свідчить, що ступінь сумісності вимог нормативних документів України та Європи щодо якості ґрунтів визначається як «Задовільно».

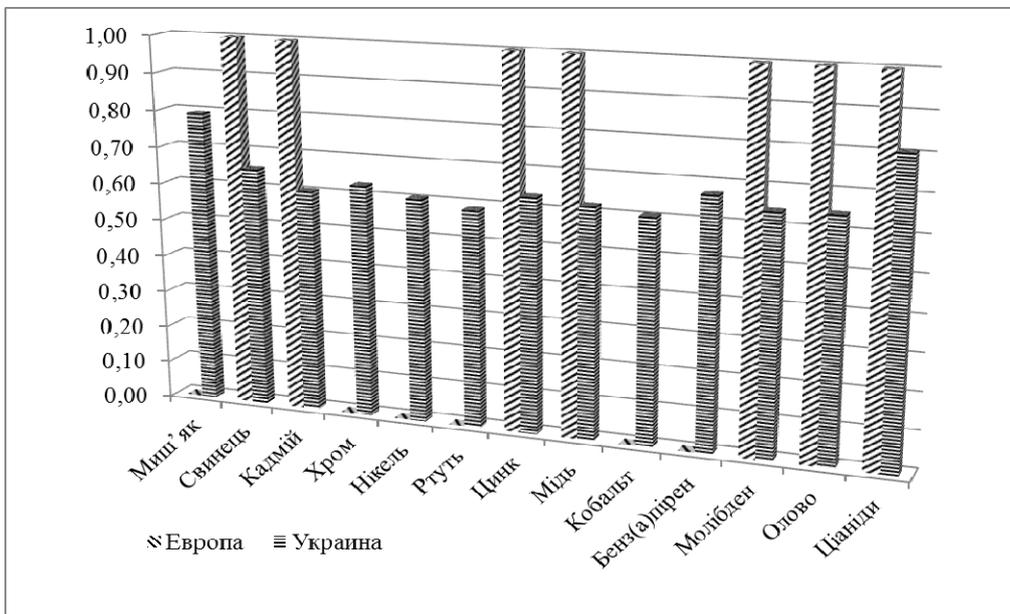


Рисунок 1 – Відповідність вимог національних та європейських нормативних документів щодо якості ґрунтів

Отже, як бачимо з розрахунків ступінь сумісності вимог нормативних документів Європи та України дуже низький, що свідчить про значні розбіжності між нормативними значеннями показників якості повітря. Для визнання Європою українських стандартів необхідно провести роботи з їх перегляду або гармонізації зі стандартами ЄС.

**Перелік використаної літератури:** 1. Зеркалов Д.В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль. Посібник / Зеркалов Д.В. – К.: Дакор, Основа, 2007. – 412 с. (Серія: Міжнародна і національна безпека). 2. Івченко О.В. Управління якістю інструментальної підготовки виробництва багатонаменклатурного машинобудівного підприємства: дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.01.02 / Івченко Олександр Володимирович. – Суми, 2008. – 278 с.

*РАДЖАБЗАДЕ М., ЗАЛОГА В.А.*, д-р техн. наук,  
*ИВЧЕНКО А.В.*, канд. техн. наук, Сумы, Украина

**КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИЙ ЧЕРЕЗ ПРИЗМУ  
СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ О СЕРТИФИКАЦИИ НА  
СООТВЕТСТВИЕ ТРЕБОВАНИЙ МЕЖДУНАРОДНОГО  
СТАНДАРТА SA 8000**

На основе проведенных исследований и классификации статистической информации по вопросам сертификации систем менеджмента на соответствие требованиям международного стандарта SA 8000 авторами предложены рекомендации для отечественных организаций с целью минимизации их рисков при реализации данных работ, повышения их конкурентоспособности и расширения рынков сбыта выпускаемой ими продукции или предоставляемых услуг.

На основі проведених досліджень та класифікації статистичної інформації з питань сертифікації систем менеджменту на відповідність вимогам міжнародного стандарту SA 8000 авторами запропоновані рекомендації для вітчизняних організацій з метою мінімізації їх ризиків при реалізації цих робіт, підвищення їх конкурентоспроможності та розширення ринків збуту продукції, які вони виготовляють або послуг, що надають.

Based on these studies and the classification of statistical information related to certification of management systems for conformity with requirements of international standard SA 8000 the some recommendations proposed by the authors for national organizations to minimize their risks in the implementation of these activities, increase their competitiveness and expand markets for their products or services.

*Введение*

Одним из приоритетов современного потребителя является не только уровень качества и стоимость продукции (услуг) организации, но и соответствие деятельности организации требованиям к обеспечению промышленной гигиены и безопасности труда, охраны окружающей среды. Анализ европейского опыта конкурентной борьбы, показал, что в настоящее время все больше потребителей особое внимание уделяют вопросам социальной ответственности организаций перед обществом. Эти вопросы в значительной мере диктуют новые условия к доступу продукции отечественных предприятий на европейский рынок. Поэтому в скором будущем станет актуальным вопрос разработки, внедрения и сертификации систем менедж-

мента организаций на соответствие требованиям международного стандарта социальной ответственности SA 8000 [1].

По данным международной организации SAAS (Social Accountability Accreditation Services) в мире имеется достаточно большое количество организаций, которые сертифицировали свои системы менеджмента на соответствие требованиям стандарта SA 8000. В тоже время, в Украине и постсоветских странах, а также Иране таких организаций нет.

#### *Постановка цели исследований*

Целью данной работы является разработка рекомендаций по повышению конкурентоспособности отечественных организаций на основе проведения исследований и классификации статистической информации по вопросу сертификации систем менеджмента на соответствие требованиям международного стандарта SA 8000 в мировой практике.

*Примечание.* В настоящее время международная организация по стандартизации ISO ввела в действие стандарт ISO 26000:2010 «Руководство по социальной ответственности» [2]. Данный стандарт представляет собой руководство относительно социальной ответственности и может использоваться как часть публичного порядка действий ко всем типам организаций, независимо от их размера или местоположения. ISO 26000:2010 не является стандартом системы менеджмента и не содержит требований. Он не предназначен для целей сертификации и для использования в качестве регламентирующих или договорных требований [2]. Поэтому в данной работе международный стандарт ISO 26000:2010 не рассматривается.

#### *Основная часть*

По данным SAAS [3] в настоящее время только 20 органов по сертификации имеют право (аккредитацию) на проведение работ по сертификации систем менеджмента на соответствие требований международного стандарта SA 8000. В их число входят такие всемирно известные организации по вопросам подтверждения соответствия, как: SGS, Bureau VERITAS Certification, TUV Nord, CISE, DNV, TUV Rhineland, LRQA, APCER, BSI, IQC, ABS Quality Evaluation и др.

Информацию о распределении количества сертификатов на соответствие требованиям стандарта SA 8000 по странам мира можно представить в виде гистограммы, приведенной на рис. 1 [4 – 6]. На основе имеющейся информации установлено, что со дня принятия данного стандарта (с 1997 г. по 31 марта 2011 г.) только 2606 предприятий в 62 странах мира успешно выполнили весь комплекс работ по сертификации своих систем ме-

неджмента на соответствие требованиям международного стандарта социальной ответственности. Такие страны как Италия, Индия и Китай вместе имеют 1803 сертифицированные организации, что составляет 69,19%. Это хорошо согласуется с объемами поставок продукции организаций этих стран в страны Европейского союза и США. В «Другие» вошли такие страны, как Аргентина, Босния, Гондурас, Лаос, Латвия, Марокко, Намибия, Непал, Нидерланды, Панама, Сингапур, Словения, Южная Африка, Танзания, США, Венесуэла, которые имеют в среднем по 1 организации (в основном с иностранными инвестициями), сертифицированной на соответствие требованиям стандарта SA 8000, что в совокупности составляет лишь 0,64%.

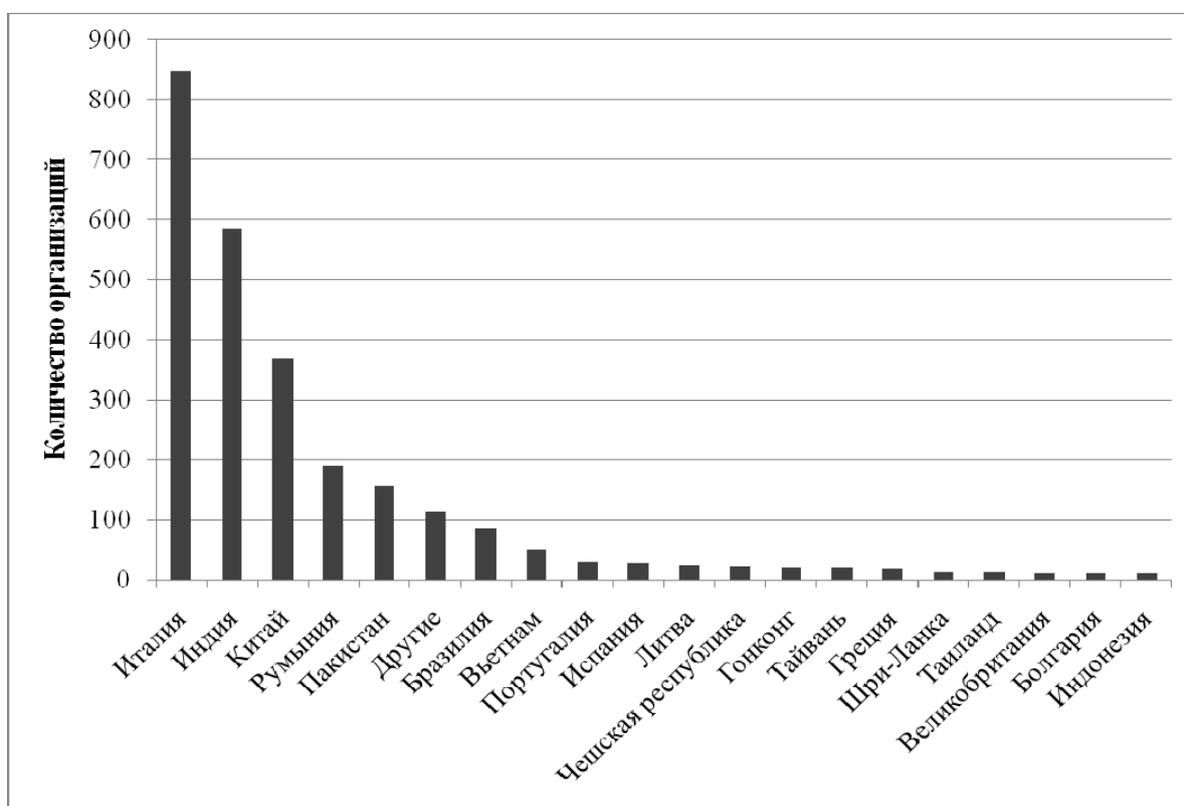


Рисунок 1 – Распределение количества организаций, которые прошли сертификацию на требования стандарта SA 8000 по странам мира

Общее количество работников в сертифицированных организациях составляет 1452970 человек [4 – 6]. Анализ информации по распределению количества работающего персонала в этих организациях по странам мира показывает (рис. 2), что в Индии, Китае и Италии суммарно занято 869447 работников, что составляет 59,84% из общего количества. Такая

страна из категории «Другие», как Намибия имеет всего 1 организацию с 23 работниками.

Статистические данные, приведенные на рис. 2, в обобщенном виде представлены в табл. 1 [5]. Анализ этих данных показал, что у 36% организаций, прошедших процедуру сертификации на соответствие требованиям стандарта SA 8000, число работающего персонала колеблется в диапазоне от 51 до 250 человек, у 12 % организаций – превышает 1000 человек, а у 22% – от 251 до 1000 человек.

Таким образом, требования данного стандарта являются актуальными не только для крупных организаций (свыше 1000 человек работающего персонала), но и средних (от 250 до 1000 человек), и даже мелких предприятий (менее 50 человек).

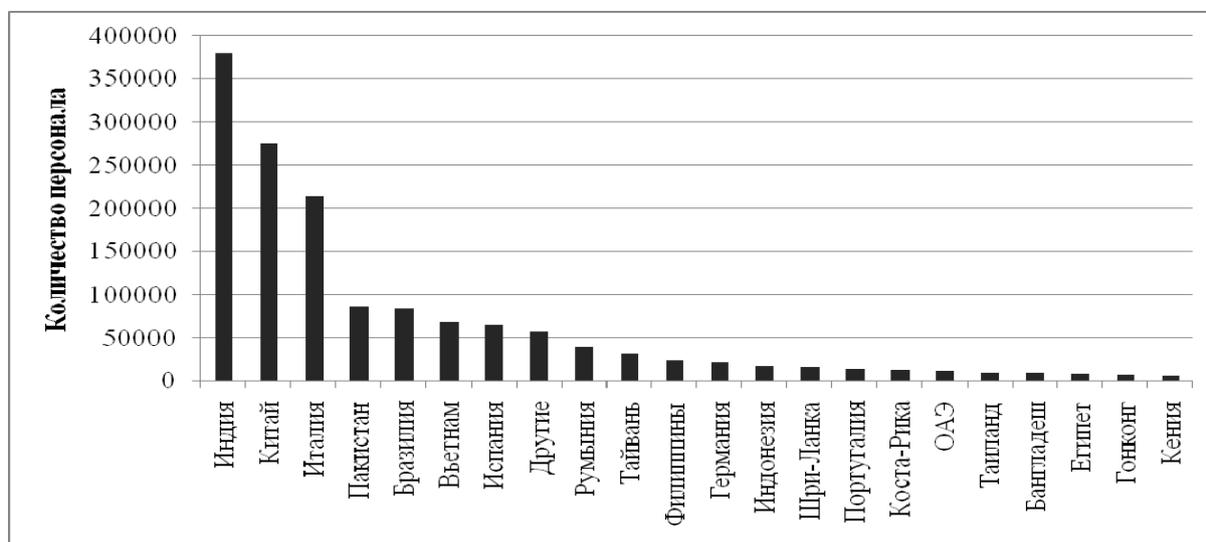


Рисунок 2 – Распределение количества работающего персонала в организациях, которые прошли сертификацию на соответствие требованиям стандарта SA 8000 по странам мира

Таблица 1 – Статистические данные об организациях, которые прошли процедуру сертификации по количеству работающего персонала [5]

Количество персонала	Количество организаций
Больше 1000	313
251 – 1000	562
51 – 250	937
1 – 50	794

Статистические данные по отраслям мировой экономики (рис. 3), в которых организации прошли процедуру сертификации на соответствие требованиям международного стандарта SA 8000, показывают, что 65 отраслей уже охвачены данным стандартом [6]. Наибольшее количество ор-

ганизаций (982), что составляет 37,68% общего количества сертифицированных организаций, распределены по 3 отраслям мировой экономики: 1) изделия швейной промышленности, 2) изделия текстильной промышленности и 3) строительство. Наименьшее количество организаций (2), что составляет лишь 0,16% от общего числа, представлено в таких отраслях как производство стекла и продукции из него и коммунальные услуги.

Распределение количества персонала в сертифицированных организациях по отраслям экономики (рис. 4) показывает, что в таких отраслях, как изделия швейной промышленности, изделия текстильной промышленности и продукция металлургии, общее количество персонала включает 533929 человек, что составляет 36,75% от общего количества персонала сертифицированных организаций (1452970 человек). Наименьшее количество работников (75 человек, что составляет примерно 0,01% из общего количества работающего персонала) занято в лесном хозяйстве и связанных с ним услугами.

Диаграмма распределения количества предприятий, имеющих сертификат на систему менеджмента согласно требованиям стандарта SA 8000 (рис. 5), согласуется с известным принципом Парето: «80% богатства страны сосредоточено у 20% населения». В данном случае около 8% стран, а именно Италия, Индия, Китай, Румыния и Пакистан, сосредоточили 80% сертифицированных по данному стандарту организаций.

В тоже время, анализ распределения количества персонала в сертифицированных организациях по странам мира показывает, что 11% стран, а именно Индия, Китай, Италия, Пакистан, Бразилия, Вьетнам и Испания охватывают около 80% количества персонала в сертифицированных организациях (рис. 6).

Обобщая информацию, приведенную на рис. 5 и 6, можно констатировать следующее:

- – наибольшее количество организаций имеющих сертификат на систему менеджмента соответствующую требованиям международного стандарта SA 8000 сосредоточены в Азии (около 50%), далее идет Европа (около 46%), остальные континенты занимают около 4%;
- – наибольшее количество персонала в сертифицированных организациях сосредоточено в Азии (около 67%), далее идет Европа (около 26%), остальные континенты занимают около 7%.

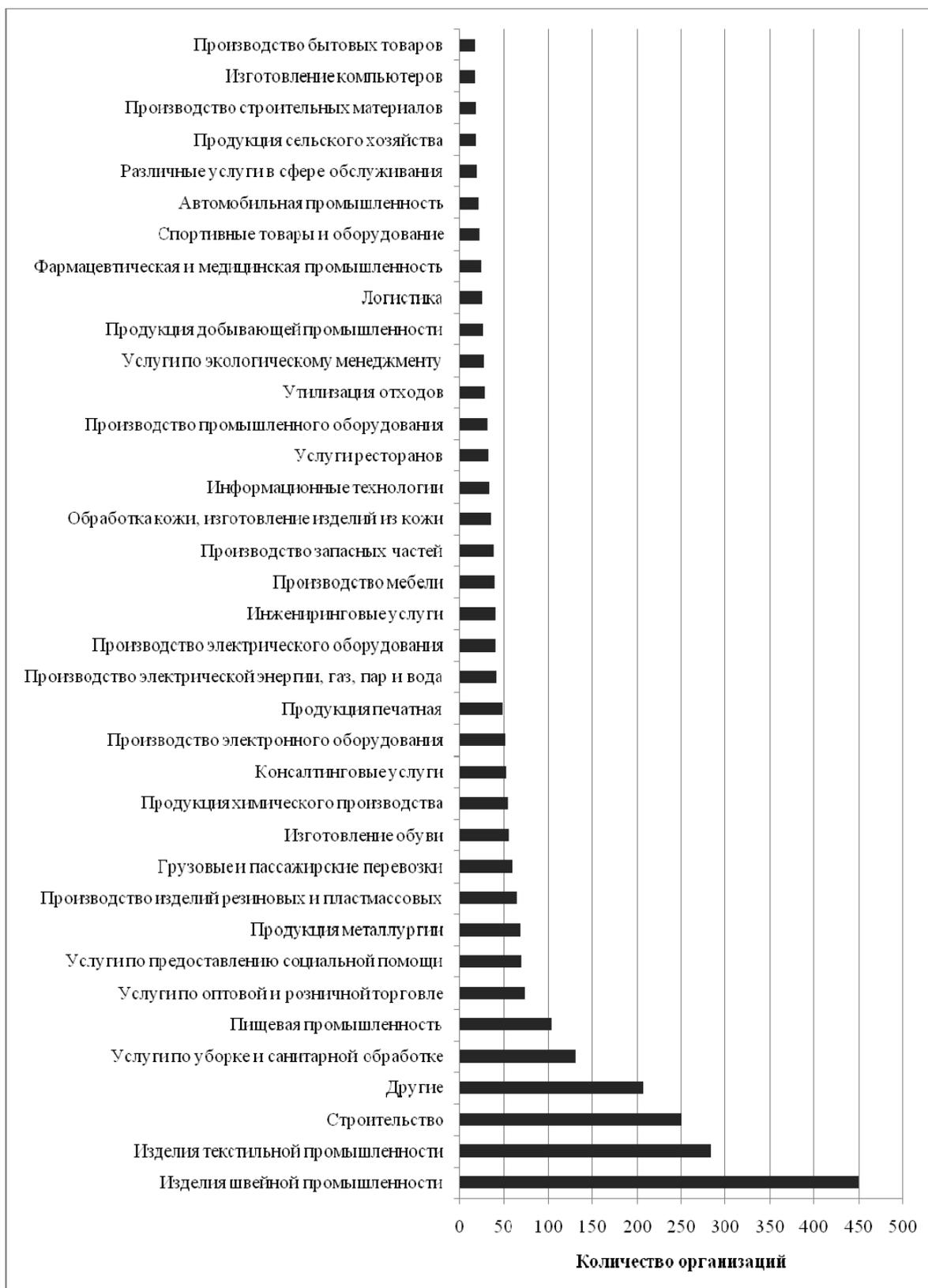


Рисунок 3 – Распределение сертифицированных предприятий по отраслям мировой экономики

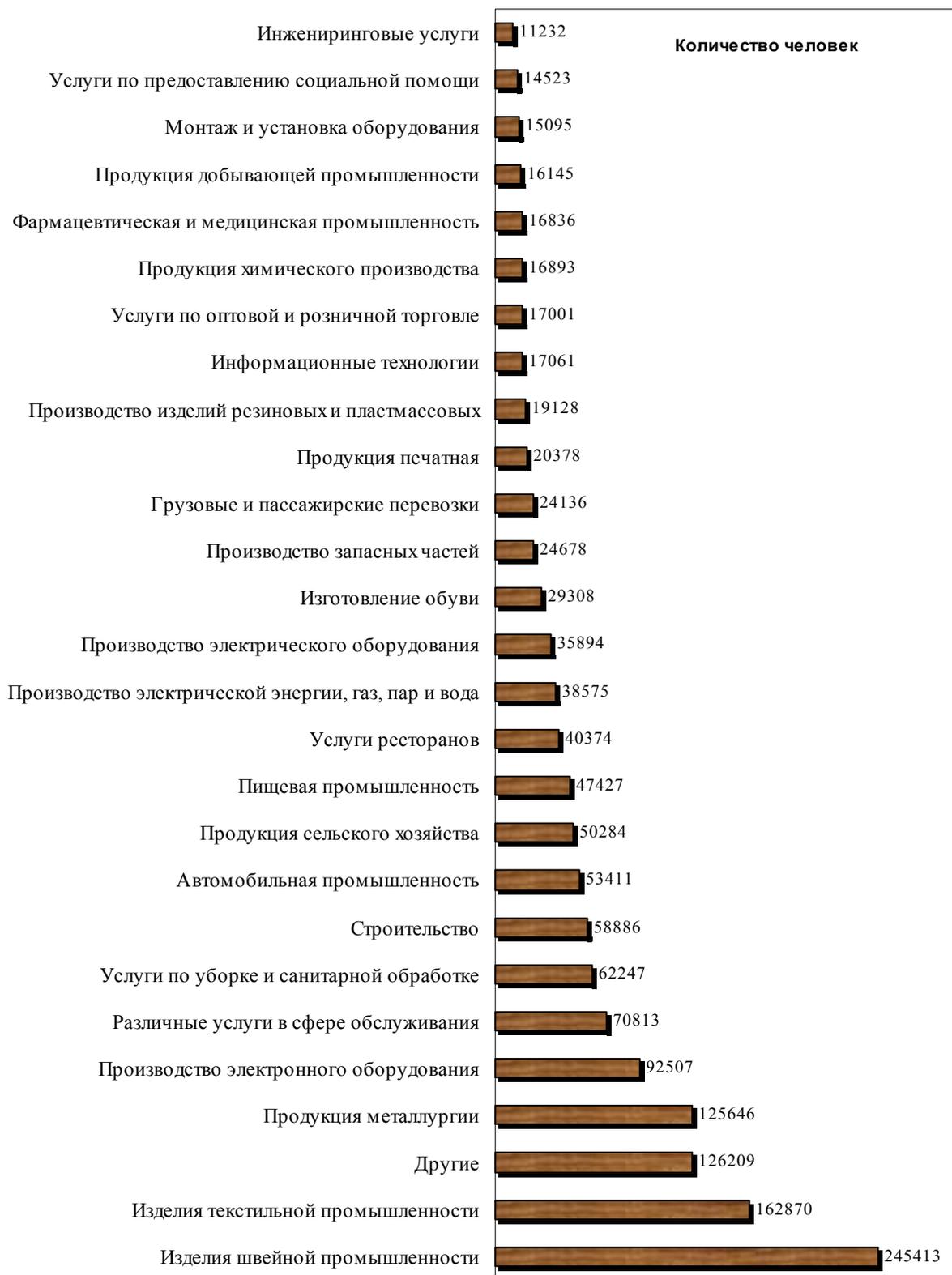


Рисунок 4 – Распределение числа работников в сертифицированных предприятиях по отраслям мировой экономики

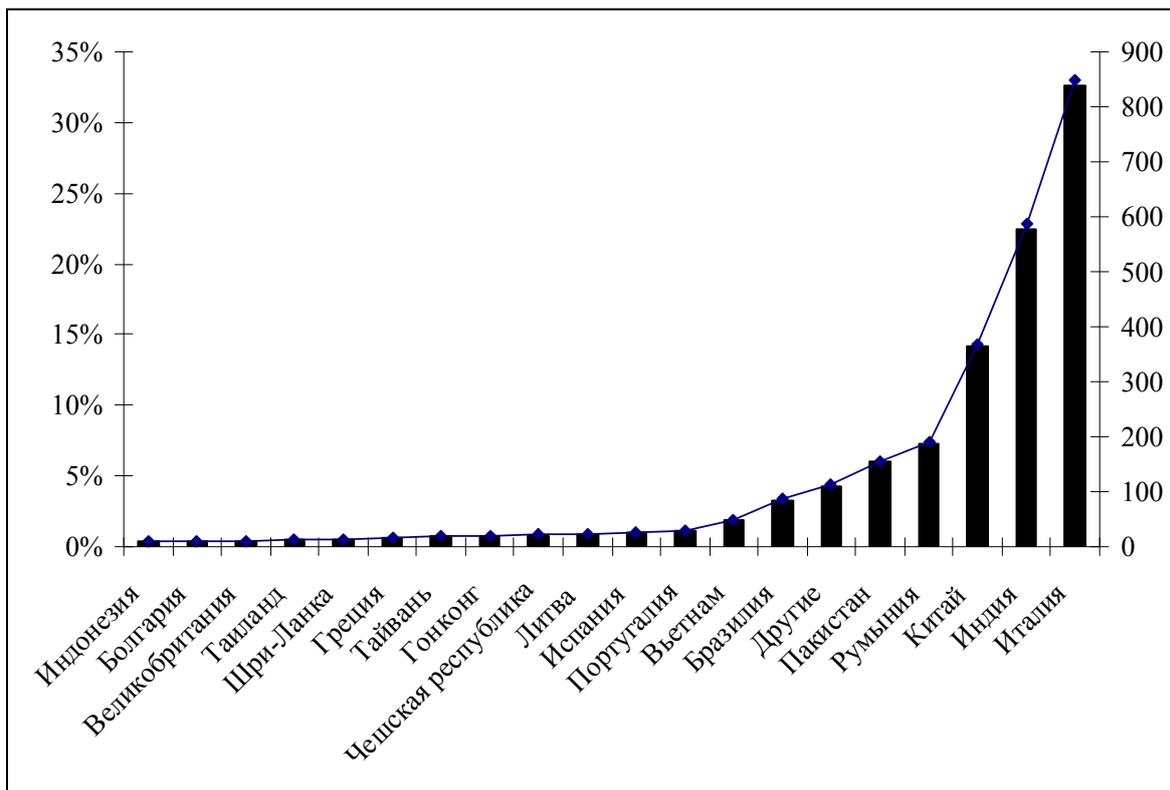


Рисунок 5 – Распределение числа сертифицированных организаций на соответствие требований стандарта SA 8000 по странам мира

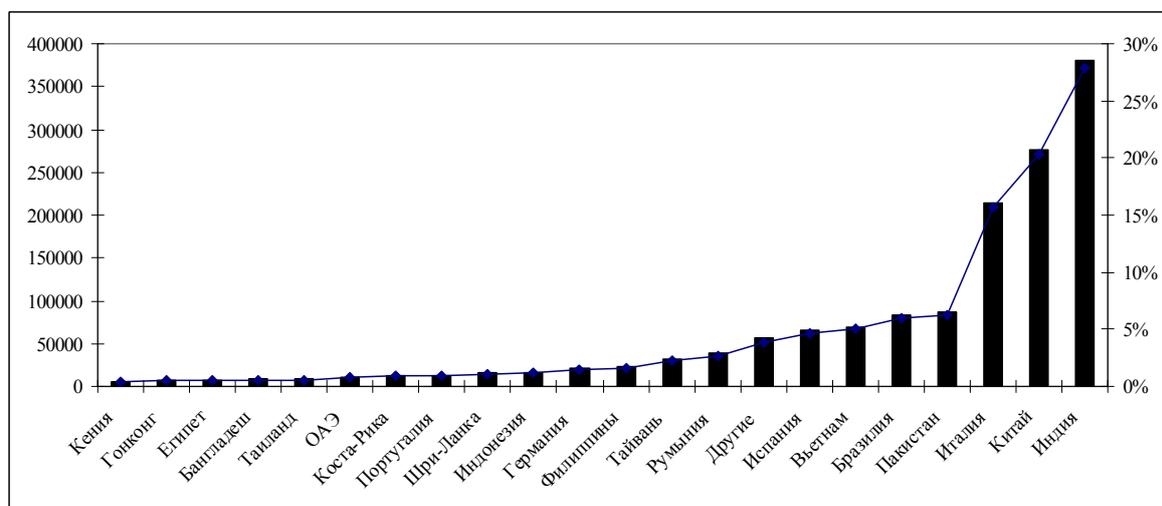


Рисунок 6 – Распределение числа работников в сертифицированных организациях по странам мира

Итог исследования вопроса внедрения и сертификации менеджмента организаций, соответствующих требованиям международного стандарта SA 8000, в обобщенном виде представлен в табл. 2, имеющей информативный характер и представляющей собой хороший инструмент для тех организаций, перед которыми стоят вопросы реализации принципов Гло-

бального договора ООН [7] и практической реализации требований международного стандарта SA 8000.

Таблица 2 – Приоритет изучения реализации требований международного стандарта SA 8000

Категория изучения		Показатель изучения	
		По количеству сертифицированных организаций	По количеству персонала в сертифицированных организациях
Материк	Азия	1 – Индия 2 – Китай 3 – Пакистан 4 – Вьетнам	1 – Индия 2 – Китай 3 – Пакистан 4 – Вьетнам
	Европа	1 – Италия 2 – Румыния 3 – Испания	1 – Италия 2 – Испания 3 – Румыния
	Латинская Америка	1 – Бразилия	1 – Бразилия
Промышленность		1 – Изделия швейной промышленности 2 – Изделия текстильной промышленности 3 – Строительство	1 – Изделия швейной промышленности 2 – Изделия текстильной промышленности 3 – Продукция металлургии

С учетом того, что в скором будущем вопрос разработки, внедрения и сертификации систем менеджмента организаций на соответствие требованиям международного стандарта социальной ответственности SA 8000 станет крайне актуальным и на основе проведенного анализа европейского опыта конкурентной борьбы, а также исследований информационных источников для повышения конкурентоспособности отечественных организаций и объемов поставок продукции и услуг этих организаций в другие страны можно рекомендовать:

1. Уделять особое внимание вопросам социальной ответственности организаций перед обществом, так как современный потребитель в значительной, а в некоторых условиях, в определяющей мере, диктует новые условия к доступу продукции на мировой, и в первую очередь, на европейский рынок.

2. Прохождение процедуры сертификации на соответствие требованиям международного стандарта SA 8000 организациями, выпускающими изделия швейной и текстильной промышленности, а также продукции строительства и металлургии.

3. Обратить внимание менеджмента отечественных предприятий на то, что требования стандарта социальной ответственности SA 8000 являются актуальными не только для крупных организаций (свыше 1000 человек работающего персонала), но и средних (от 250 до 1000 человек), и даже мелких предприятий (менее 50 человек).

4. С целью ускорения реализации принципов Глобального договора ООН и практической реализации требований международного стандарта SA 8000 менеджменту отечественных организаций изучить опыт этой работы, накопленный в таких странах как: Индия, Китай, Пакистан, Вьетнам, Италия, Румыния, Испания и Бразилия.

#### *Вывод*

В ходе проведенных исследований результатов сертификации систем менеджмента на соответствие требованиям международного стандарта SA 8000 установлено, что хотя стандарт и разработан в США, но только одно предприятие с 1997 до 2011 года в этой стране прошло процедуру сертификации на соответствие требованиям данного стандарта. Это говорит о том, что США в настоящее время придерживается политики импорта всех видов ресурсов. В то же время страны члены ЕС наоборот стремятся максимально распространить требования данного стандарта и таким путем закрыть экспорт товара из других стран, имеющих слабые социальные гарантии, путем ограничения закупок товаров и услуг от организаций, не имеющих сертификата на систему менеджмента соответствующую данному стандарту. Это в конечном итоге должно сбалансировать расходы европейских организаций по социальным гарантиям с расходами других менее развитых в данном отношении стран.

Установлено, что наиболее распространенными отраслями промышленности в отношении сертификации своих систем менеджмента на соответствие требованиям данного стандарта являются такие отрасли как: швейная и текстильная промышленность.

Таким образом, результатом данной работы является определение направления и приоритета отечественных предприятий в вопросах разработки, внедрения и сертификации систем менеджмента согласно требованиям международного стандарта SA 8000. Это, в конечном итоге, должно минимизировать риски организаций по реализации данных работ, повысить конкурентоспособность организаций и расширить рынки сбыта выпускаемой продукции и предоставляемых услуг.

**Список использованной литературы:** 1. From Words to Action: A Business Case for Implementing Workplace Standards [Электронный ресурс] // Centre for International Private Enterprise and Social Accountability International – 2009. – pp. 1, 12. – Режим доступа: <http://www.iqnet-ltd.com>. 2. Guidance on social responsibility [Электронный ресурс]: ISO 26000:2010. – Режим доступа: <http://www.iso.org>. 3. CB – By Country 1st Quarter 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.saasaccreditation.org>. 4. Facilities by Country and Workers by Country Charts [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.saasaccreditation.org>. 5. Certified Facilities List [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.saasaccreditation.org>. 6. Facilities and Workers by Industry Charts [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.saasaccreditation.org>. 7. Українська мережа глобального договору ООН [Электронный ресурс] – 2011. – Режим доступа: <http://www.globalcompact.org.ua/ua/about/what>.

# ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА: ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ

УДК 658.56:621.715

**В.О. ЗАЛОГА**, д-р техн. наук, **О.В. ІВЧЕНКО**, канд. техн. наук,  
**Ю.О. ПОГОРЖЕЛЬСЬКА**, **В.М. ХЯРМ**, Суми, Україна

## РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ МЕТОДІВ ПРОГНОЗУВАННЯ ЯКОСТІ ПЕРЕБІГУ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

Конкретизовано класифікацію сучасних методів прогнозування. Встановлені критерії вибору методу прогнозування. Запропоновані рекомендації щодо вибору методу прогнозування результативності конкретних процесів інструментальної підготовки виробництва, який найбільш адекватно враховує їх специфіку.

Конкретизирована классификация современных методов прогнозирования. Установлены критерии выбора метода прогнозирования. Предложены рекомендации для выбора метода прогнозирования результативности конкретных процессов инструментальной подготовки производства, который наиболее адекватно учитывает их специфику.

The classification of modern prognostication methods is being specified. The criteria of prognostication method choice are being set. The recommendations for the choice of prognostication methods of the concrete instrumental preproduction processes effectiveness sare being offered. The method in question takes into account the speculionties of instrumental preproduction processes.

### *Вступ*

Серед сучасних проблем машинобудування однією із найактуальніших є проблема оптимізації процесів інструментальної підготовки виробництва (ІПВ). Впровадження стандартів ДСТУ ISO серії 9000 на машинобудівних підприємствах спонукає застосування нових підходів до управління якістю процесів системи ІПВ. У той же час з'являються системи керування підприємством, які базуються на роботі в середовищі інформаційних технологій (наприклад, CALS-технологій) та успішно функціонують, кооперуючись зі створеною на основі вимог стандарту ДСТУ ISO 9001:2009 [1] системою управління якістю. Багаторічний досвід показує, що впровадження таких систем у виробничий процес стає рушійною силою й значно підвищує ефективність й оперативність виробничого процесу [2,3]. Принцип інтерактивності таких інформаційних систем пе-

редбачає можливість «програвання» імовірнісних ситуацій на предмет дослідження їхнього впливу на результати діяльності підприємства в цілому. Однак інструментарій таких систем хоч і оперує узагальненими показниками економічного характеру, але він не забезпечує можливості аналізу характеру перебігу конкретних процесів системи ІПВ у майбутньому і визначення яких-небудь несприятливих подій – ризиків, а також попередження збоїв при ІПВ. В той же час науково-обґрунтованим передбаченням найбільш ймовірного стану, тенденцій й особливостей розвитку керованого об'єкту є процес прогнозування.

Тому метою роботи є підвищення результативності системи ІПВ шляхом прогнозування показників якості перебігу процесів ІПВ на основі розробки рекомендацій щодо вибору найбільш раціонального методу прогнозування цих показників для конкретного процесу ІПВ.

#### *Основна частина*

Прогнозування надає можливість розкрити стійкі тенденції або обґрунтувати виникнення істотних змін у процесах, які в цей момент недоступні безпосередньому сприйняттю та перевірці на практиці. Основою методів прогнозування є виявлення та правильне оцінювання стійких зв'язків й залежностей між минулим, сьогоденням і майбутнім. Отже прогнозування є спеціальним науковим дослідженням перспектив розвитку процесів у майбутньому плановому періоді та дозволяє виявити можливі альтернативні варіанти, отримати науковий і емпіричний матеріал для обґрунтованого вибору й ухвалення планового рішення.

Відомо, що якість прогнозування залежить від правильного вибору методу прогнозування, оцінки вірогідності та інтерпретації результатів прогнозу. На цей час методи прогнозування класифікують за чотирма ознаками [4,5]: по ступеню формалізації, по періоду попередження, по об'єкту дослідження й по масштабу прогнозування.

У теперішній час все більше розповсюджується використання формалізованих моделей прогнозування. Ступінь формалізації знаходиться в прямій залежності від розмірів підприємства: чим крупніше підприємство, тим більшою мірою її керівництво може й повинне використовувати формалізовані підходи у своїй діяльності. У західній літературі відзначається, що близько 50% великих підприємств і близько 18% середніх і дрібних фірм воліє орієнтуватися на формалізовані кількісні методи при керуванні ресурсами та аналізі стану підприємства [6]. На рисунку 1 представлена класифікація методів прогнозування за ступенем формалізації.

Згідно наведеної класифікації можна зробити висновок, що сучасні методи прогнозування засновані на використанні різних математичних теорій: функціональний аналіз, теорія рядів, теорія екстраполяції й інтерполяції, теорія ймовірностей, математична статистика, теорія випадкових функцій і випадкових процесів, кореляційний аналіз, теорія розпізнавання образів. Щоб обґрунтувати вибір того або іншого методу прогнозування, необхідно мати кількісну оцінку можливості його застосування для конкретних процесів ІПВ.

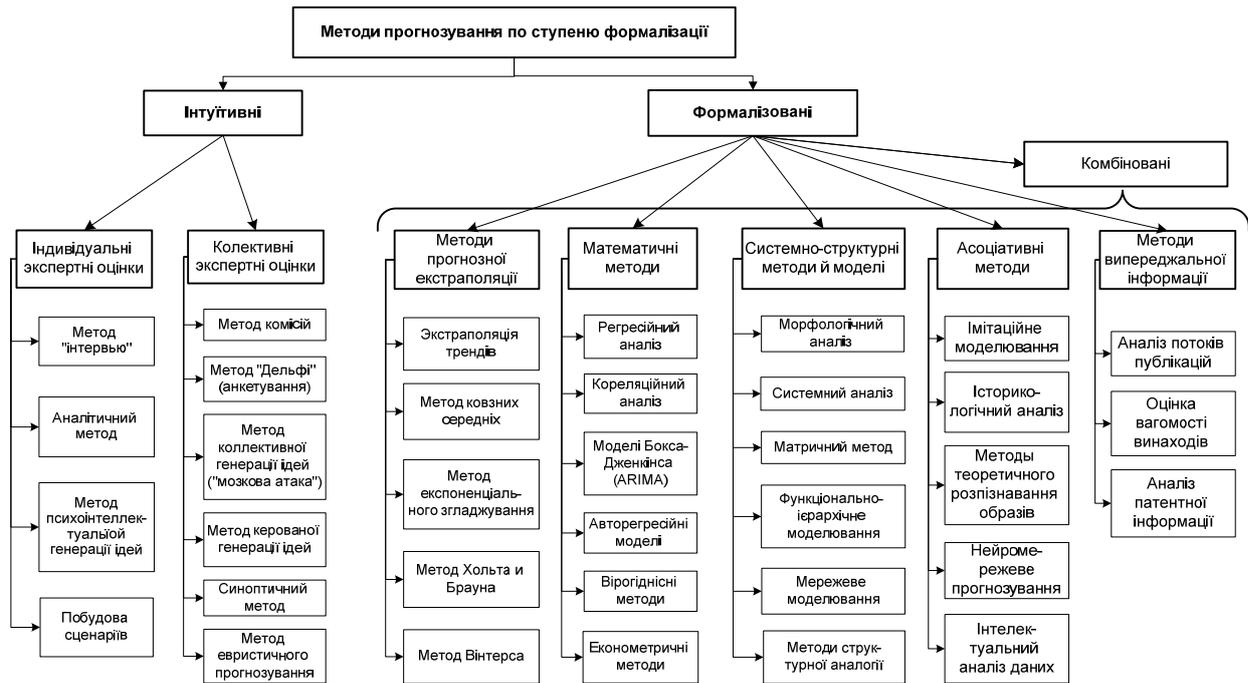


Рисунок 1 – Класифікація методів прогнозування за ступенем формалізації

Кожен процес ІПВ характеризується специфічним обсягом завдань, особливим підходом до їхнього вирішення, певним складом і рівнем підготовки та кваліфікації персоналу, матеріальними й фінансовими ресурсами і т.д. Специфіка процесів визначає характер, структуру цілей і завдань прогнозування та вибору методів їхнього вирішення. В даній роботі запропоновано здійснювати вибір методів прогнозування відповідно до наступних критеріїв:

1 Період попередження прогнозу – проміжок часу, на який розробляється прогноз. За часом попередження або по часовому горизонту всі прогнози підрозділяються на: оперативні (до 1 місяця), короткострокові (від 1 місяця до 1 року), середньострокові (від 1 року до 5 років), довгострокові (від 5 років до 15-20 років) і далекострокові (понад 20 років).

2 Тип даних: казуальний (вибірка) і часовий ряд (стаціонарний, сезонний, тренд і циклічний). Вибірка складається з даних, які зібрані у фік-

сований момент часу. Часовий ряд складається з даних, які фіксуються через послідовні проміжки часу [5].

Стаціонарний часовий ряд складають дані, середнє значення і дисперсія яких постійні (або відносно постійні) за часом. Такий ряд існує, якщо виконується хоча б одна з умов:

- фактори, що впливають на зміну ряду, стабілізувалися та навколишнє середовище відносно незмінне;
- недолік даних, необхідних для спрощення моделі або для спрощення реалізації прогнозу, або для спрощення пояснення (якщо прогноз не має принципової важливості);
- ряд можна перетворити в стабільний або стабільність може бути досягнута після коригування яких-небудь факторів.

Трендовий ряд складають дані, що мають компонент, який характеризує зростання або убування значень даних протягом тривалого проміжку часу. Методи прогнозування для таких рядів використовуються у випадках, коли фактор/фактори, що впливають на процес викликають збільшення або зменшення значень ряду.

Сезонний ряд складають дані, зміни яких повторюються рік у рік. Методи прогнозування для сезонних рядів використовуються у випадках, коли розглянуті величини визначаються річним циклом.

Циклічний ряд складають дані, що мають тенденцію повторення сформованого стилю поведінки: кожні два або три та більше років.

- Ефективність – необхідність перевищення економічного ефекту від використання прогнозу над витратами на його розробку.
- Безперервність – можливість робити коригування прогнозу по мірі надходження нової інформації про об'єкт прогнозування.
- Здатність до верифікації – точність, вірогідність й обґрунтованість прогнозу.
- Альтернативність – можливість розвитку об'єкту дослідження (окремих його елементів) по різних траєкторіях.

Слід зазначити, що специфіка ІПВ дозволяє «відсіяти» частину методів за критеріями 1 та 2. Так, виходячи з мети системи ІПВ, можна зробити висновок про швидкість перебігу процесів інструментозабезпечення [7]. Період попередження прогнозу в цьому випадку не перевищує 1 рік. Отже, за першим критерієм з наведеної на рис. 1 класифікації, відбираються методи, які дозволяють проводити оперативний і короткостроковий прогноз, а саме: екстраполяція трендів; метод ковзних середніх; метод експонентного згладжування; метод Хольта й Брауна та ін. (табл. 1).

Таблиця 1 – Методи прогнозування і приклад листа аналізу думок члена експертної групи

Методи прогнозування	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1   Метод Вінтерса	1	1	0	1	2	0	2	1	1	1	1	2	2	1
2   Побудова сценаріїв	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
3   Регресійний аналіз	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1
4   Кореляційний аналіз	1	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1
5   Метод "інтерв'ю"	0	1	0	0	1	2	1	1	1	0	0	1	1	1
6   Аналітичний метод	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
7   Метод психоінтелектуальної генерації ідей	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	2	1
8   Метод комісій	1	2	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	2	1
9   Метод "Дельфі"	1	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
10   Метод колективної генерації ідей	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
11   Метод керованої генерації ідей	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
12   Імітаційне моделювання	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
14   Історико-логічний аналіз	1	2	1	1	1	2	1	1	1	0	0	2	2	1

Примітка. У табл. перевага  $j$ -го об'єкту перед  $i$ -м позначено цифрою 2, рівноцінність - цифрою 1, а перевага  $j$ -го об'єкту перед  $i$ -м - цифрою 0.

Другий критерій є одним з найбільш важливих у виборі методів прогнозування. Тому у даній роботі був проведений аналіз моделей даних в ІПВ. Було встановлено, що кожний процес ІПВ характеризується казуальним, сезонним або трендовим типом даних. До методів прогнозування, які можуть оперувати сезонними або рейдовими рядами, відносяться: метод Вінтерса; регресійний аналіз; кореляційний аналіз; метод "інтерв'ю"; аналітичний метод; метод психоінтелектуальної генерації ідей; метод комісій; метод «Дельфі» (анкетування); побудови сценаріїв; метод колективної генерації ідей («мозкова атака»); метод керованої генерації ідей; імітаційне моделювання; морфологічний аналіз.

Вибір раціонального методу прогнозування для кожного процесу ІПВ пропонується робити згідно критеріїв 3, 4, 5 та 6. Для аналізу був використаний експертний метод подвійного попарного зіставлення. Експертам надавалися методи, що були попередньо відсортовані у дві групи: перша – методи, що аналізують трендовий тип даних і друга – методи, що аналізують сезонний тип даних.

Після виконання робіт з формування експертної групи, проводиться кодування факторів і визначення думок експертів (див. табл. 1) [6,7].

Значення вагових коефіцієнтів, що отримані подвійним попарним зіставленням, можна розрахувати методом послідовного наближення, у яко-

му результат виміру в  $w$ -му наближенні визначається як середнє квадратичне зважене. Початкові результати розглядаються в цьому випадку у якості першого наближення. У другому наближенні вони використовуються як вагові коефіцієнти  $G_j(2)$  суджень експертів. Нові результати, що отримані з обліком цих вагових коефіцієнтів, розглядаються у третім наближенні знову як вагові коефіцієнти  $G_j(3)$  тих же думок експертів і т.д. Відповідно до теореми Перрона-Фробеніуса [6], при певних, виконуваних на практиці умовах, цей процес сходиться, тобто вагові коефіцієнти прагнуть до деяких постійних значень, що строго відображають співвідношення між об'єктами експертизи при встановлених експертами вихідних даних.

У роботі уточнення вагових коефіцієнтів запропоновано робити методом послідовного наближення [7].

Первісні результати  $G_j(1)$  визначаються по формулі:

$$G_j(1) = \sum_{l=1}^m K_{jl}, \quad (1)$$

де  $G_j(1)$  – результат виміру  $j$ -го показника в першому наближенні;  
 $K_{jl}$  - число переваг  $j$ -го показника одним експертом ( $l = 1 \dots m$ ).

Результати виміру  $j$ -го показника в  $w$ -му наближенні будуть рівні:

$$G_j(w) = \sqrt{[(G_1(w-1)]^2 \cdot K_{j1} + \dots + [(G_m(w-1)]^2 \cdot K_{jm}}, \quad (2)$$

де  $G_j(w-1)$  - результат виміру  $j$ -го показника в  $(w-1)$  наближенні.  
 Значення вагових коефіцієнтів у  $w$ -му наближенні визначають, як

$$\gamma_j(w) = \frac{G_j(w)}{\sum_{j=1}^m G_j(w)}, \quad (3)$$

Процес уточнення значень триває доти, поки точність не досягне заданої, тобто поки не виконається умова:

$$\gamma_j(w) - \gamma_j(w-1) \leq \varepsilon, \quad (4)$$

де  $\varepsilon$  – задана точність обчислень, що звичайно приймається [6,7]:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 0,001 \text{ при } 1 < a \leq 1; \\ \varepsilon &= 0,01 \text{ при } a > 5 \end{aligned} \quad (5)$$

де  $a$  - коефіцієнт, що показує у скільки разів вага кращого з показників перевершує вагу гіршого показника.

Для всіх експертів була розрахована матриця рангових коефіцієнтів кореляції Спірмена  $r_i$ . Для кожного експерта виконується умова  $r_i \leq 0,5$  і це означає, що оцінки окремого експерта корелюють з загальними оцінками і жоден експерт не був виключений.

Результатом експертних оцінок є дві зведені таблиці показників вагомості процесів ППВ окремо для методів із трендовим та сезонним типами даних. Фрагмент такої таблиці наведений у табл. 2.

Отже, за допомогою цієї таблиці можна виділити для відповідних умов раціональні методи прогнозування показників якості процесів ППВ, що рекомендовані до застосування. Для цього необхідно визначити граничне значення показника вагомості, яке поділяє показники вагомості на «важливі» й «неважливі». Методи з показниками вагомості, що перевищують це значення, є рекомендованими до застосування.

Таблиця 2 – Порівняльний аналіз методів прогнозування із сезонним типом даних

№	Процеси життєвого циклу ТЕ	Методи прогнозування												
		Вінгерса	Регресійний аналіз	Кореляційний аналіз	Аналітичний метод	Метод «інтерв'ю»	Психоінтелектуальної генерації ідей	Комісій	«Дельфі»	Коллективної генерації ідей	Керованої генерації ідей	Прогнозний сценарій	Історико-логічний аналіз	Морфологічний аналіз
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Виявлення потреби в ТЕ, її уніфікації	0,091	0,115	0,107	0,054	0,045	0,041	0,070	0,076	0,112	0,115	0,078	0,078	0,020
2	Підготовка плану випуску ТЕ	0,034	0,035	0,037	0,029	0,088	0,095	0,090	0,111	0,115	0,111	0,028	0,139	0,087
3	Оцінка ефективності використання власної або покупної ТО	0,047	0,056	0,052	0,054	0,082	0,109	0,086	0,102	0,117	0,118	0,064	0,070	0,044
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
10	Збір і первинна переробка відпрацьованого ТО	0,054	0,052	0,052	0,057	0,080	0,109	0,086	0,108	0,115	0,114	0,051	0,074	0,048

Показники вагомості методів прогнозування визначають пріоритетний метод прогнозування для конкретного процесу ППВ (табл. 3).

Таблиця 3 – Рекомендовані методи прогнозування показників якості перебігу процесів системи ІПВ.

Процеси ІПВ	Методи прогнозування														
	Екстраполяції	Експонентного згладжування	Вінгера	Регресійний аналіз	Кореляційний аналіз	Аналітичний метод	Метод «інтерв'ю»	Психоінтелектуальної генерації ідей	Комісій	«Дельфі»	Коллективної генерації ідей	Керованої генерації ідей	Прогнозний сценарій	Історико-логічний аналіз	Морфологічний аналіз
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1. Виявлення потреби в ТО, її уніфікації	Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С	С	-
2. Підготовка плану випуску ТО	-	Т	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	С, Т	С, Т
3. Оцінка ефективності використання власного ТО або покупного ТО	-	-	-	-	-	Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-
4. Закупівля ТО, матеріалів, елементів і вузлів ТО	С, Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	С	С, Т	С, Т	-	С	-
5. Випробування й зберігання покупних матеріалів, елементів і вузлів ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	С	С, Т	С, Т	-	-	-
6. Виготовлення й випуск ТО	-	-	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-
7. Зберігання й облік витрати, наявності, стану й потреби в ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	С	С, Т	С, Т	-	-	-
8. Експлуатація ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9. Планово-попереджувальний ремонт або відновлення ТО	-	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-
10. Збір і первинна переробка відпрацьованого ТО	-	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-

Примітка. «С» – метод із сезонним типом даних, «Т» – метод із трендовим типом даних, «-» – метод не рекомендується.

Граничне значення показника визначається за формулою:

$$q = 1/n \quad (6)$$

де  $n$  – кількість аналізованих методів прогнозування в кожному процесі ІПВ.

### *Висновки*

В роботі досліджено сучасні методи прогнозування та конкретизовано їх класифікацію. Це дозволило визначити критерії вибору методу прогнозування, який найбільш адекватно враховує специфіку конкретного процесу ІПВ.

На основі визначених критеріїв за допомогою експертного методу була проведена кількісна оцінка застосування методів прогнозування для проведення прогнозування показників результативності процесів ІПВ та зроблено висновок, що, запропонований метод не включає перевірку обраних методів на адекватність й визначення помилки прогнозу, але він дозволяє значно скоротити час на розробку прогнозуючої моделі щодо оцінювання якості перебігу процесів системи ІПВ та її результативності в цілому. Це дозволяє в повній мірі підвищити гнучкість системи ІПВ вітчизняних промислових підприємств у швидкозмінних умовах.

Таким чином, запропоновані рекомендації відіграють важливу роль в поліпшенні якості перебігу процесів системи ІПВ та її результативності на всіх етапах життєвого циклу інструменту та оснащення.

**Список використаних джерел:** 1. ДСТУ ISO 9001:2009 «Системи управління якістю. Вимоги» / Держстандарт України – Чинний від 2009-09-01 – 2009. 2. Кухар А. В открытую: Управленческие решения класса Open Source / А. Кухар // Компьютерное обозрение. – 2010. – №8. – С.22–30. 3. Березин В. Управление проектами в мире и Украине / В. Березин // Компьютерное обозрение. – 2009. – №36. – С.19–23. 4. Антохонова И. В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов: учебное пособие / И.В. Антохонова. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004. – 212 с. 5. Ханк Д.Э. Бизнес-прогнозирование / Ханк Д. Э., Уичерн Д. У., Райтс А. Дж. ; пер. с англ. В. В.Марченко, В. Н. Радченко. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 656 с. 6. Азгальдов Г.Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии) / Г.Г. Азгальдов. – М.: Экономика, 1982. - 256 с. 7. Ивченко А.В. Управление качеством инструментальной подготовки производства многономенклатурного машиностроительного предприятия: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.02 / Ивченко Александр Владимирович. – Сумы, 2009. – 278 с.

**К.В. КОЛЕСНИКОВА**, канд. техн. наук,  
**В.О. ВАЙСМАН**, д-р техн. наук,  
**С.О. ВЕЛИЧКО**, Одеса, Україна

## **РОЗРОБКА МАРКІВСЬКОЇ МОДЕЛІ СТАНІВ ПРОЕКТНО КЕРОВАНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ**

Розроблена марківська модель станів проектно керованої організації з урахуванням рекомендацій нового стандарту сімейства ISO 9000. Розроблена модель враховує топологію системи і особливості процесів верстатобудівного виробництва.

Ключові слова: графи, система, перехідні ймовірності, марківська модель.

Разработана марковская модель состояний проектно управляемой организации с учетом рекомендаций нового стандарта семейства ISO 9000. Разработанная модель учитывает топологию системы и особенности процессов станкостроительного производства.

Ключевые слова: графы, системы, переходные вероятности, марковская модель.

A Markov model states design driven organization with the advice of the new standard ISO 9000 family. The developed model takes into account the topology of the system features and processes Machine-tool production.

Keywords: graphs, system, transition probabilities, Markov model.

*Вступ.* Суттєві зміни в управлінні підприємствами викликані ускладненням технологій та кінцевих продуктів, а також завданнями щодо скорочення циклу виробництва і зниження вартості продуктів [1]. Ринкова конкуренція для підприємств визначається елементами середовища, основними з яких є технології, ресурси, персонал, менеджмент, ринок і проекти. Доступність і потенційні можливості впливу на ці елементи, окрім менеджменту, майже однакові в межах окремої предметної галузі [2]. Впровадження проактивних підходів на основі математичних моделей надає потенційні можливості поліпшення результативності проектів у разі. Тому трансформація організацій у напрямку проактивного управління проектами та програмами є пріоритетним напрямом сталого розвитку підприємств.

*Постановка науково-прикладної проблеми.*

Як відомо підприємства завжди були орієнтовані на нарощування обсягів виробництва при збереженні обмеженої номенклатури. У сучасних умовах, коли вони працюють «на замовника», тобто з відкритою номенклатурою, існуючі системи управління стають непридатними. В умовах конкуренції і зростання ролі споживача у формуванні інноваційних харак-

теристик продукції, розробка і виробництво продуктів проектів на замовлення стають основними в діяльності сучасної компанії. Реакція світової спільноти на ці зміни відображена у нових національних стандартах України [3 ... 5]. Нові стандарти сімейства ISO 9000 [3] визначають важливість процесів критичного аналізу вимог щодо продукції (A), супроводу продукту упродовж життєвого циклу (B), а також формування в організаціях умов відповідальності, розподілу повноважень та інформування (C). Вказані процеси у попередніх моделях були об'єднані з іншими станами системи управління якістю [6].

*Мета публікації.* Розробка марківської моделі станів проектно керуваної організації (ПКО), що враховує нові вимоги стандартів сімейства ISO 9000.

*Розробка марківської моделі станів організації.*

Конкретний хід процесу виготовлення продукту залежить від низки випадкових, наперед не передбачених чинників, таких як технічний стан устаткування, мотивація персоналу і ін. Кожен процес відповідає певному станові організації (рис. 1). Загальний час  $T$  визначається як сума часу перебування проекту в кожному процесі:

$$T = \sum_{s=1}^n t_s, \quad (1)$$

де  $t_s$  – час перебування проекту в процесі  $s$ ,  $s = 1, 2, \dots, n$ ;  $n$  – число станів.

У кожному з пронумерованих станів (рис. 1) система може знаходитися якийсь час при виробництві продукту. Цей час пропорційний ймовірності знаходження системи в даному стані:  $p_s = t_s / T$  має сенс ймовірності (частоти).

Сума ймовірностей перебування системи в кожному з  $n$  станів:

$$\sum_{s=1}^n p_s = \sum_{s=1}^n \frac{t_s}{T} = \frac{1}{T} \sum_{s=1}^n t_s = 1. \quad (2)$$

Вказані стани утворюють повну групу несумісних подій.

До станів організації – верстатобудівного підприємства у порівнянні з відомою схемою [6] включені стани критичного аналізу вимог щодо продукції ( $S_A$ ), супроводу продукту упродовж життєвого циклу ( $S_B$ ), а також формування відповідальності, повноважень та інформування ( $S_C$ ).

Позначимо через  $\mathbf{S} = \{S_1 \dots S_n; n = 21\}$  можливі стани системи.

Марківський ланцюг опишемо за допомогою методу ймовірності станів [6]. Розглядаємо випадковий однорідний марківський процес із дис-

кретними станами, у якому замість координати часу використовують номер кроку. У моменти дії на систему відбувається її зміна, що веде до зміни ймовірності станів. Після будь-якого кроку  $k$  система  $S$  може бути в одному із станів:

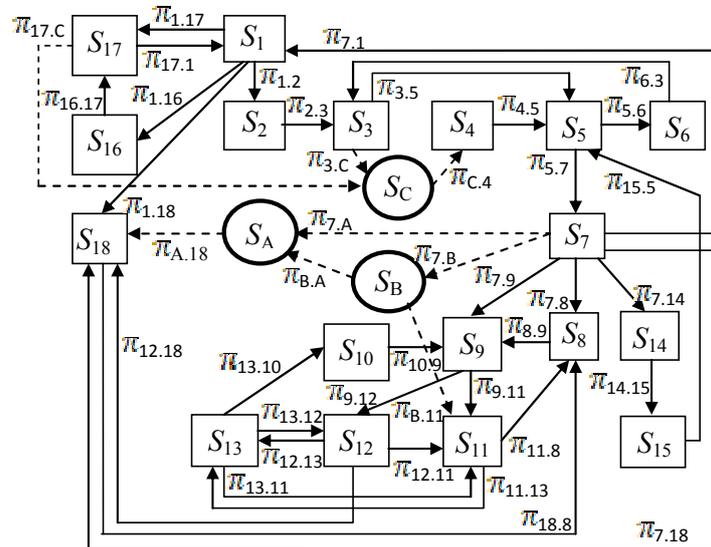


Рисунок 1 - Структура ПКО за стандартом ISO 9001:2009:

1 – відповідальність керівництва; 2 – система управління якістю; 3 – управління персоналом; 4 – компетентність персоналу; 5 – менеджмент створення продукту; 6 – план навчання; 7 – зв'язок із замовниками, визначання вимог замовника; 8 – проектування продукту; 9 – закупівлі; 10 – контроль постачань; 11 – виробництво продукту; 12 – контроль і випробування; 13 – управління засобами вимірювальної техніки; 14 – управління документацією; 15 – управління інфраструктурою; 16 – внутрішній аудит; 17 – неперервне поліпшення; 18 – оцінка задоволення замовника; А – критичне аналізування вимог щодо продукції; В – супровід продукту; С – відповідальність, повноваження та інформування.

$S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$ , що відображає здійснення тільки однієї з повної групи несумісних подій:  $S_1^{(k)}, S_2^{(k)}, \dots, S_n^{(k)}$ . Позначимо ймовірність цих подій:

$p_1(1) = \mathcal{P}(S_1^{(1)}); p_2(1) = \mathcal{P}(S_2^{(1)}); \dots; p_n(1) = \mathcal{P}(S_n^{(1)})$  - після першого кроку;

$p_1(2) = \mathcal{P}(S_1^{(2)}); p_2(2) = \mathcal{P}(S_2^{(2)}); \dots; p_n(2) = \mathcal{P}(S_n^{(2)})$  - після другого кроку;

$p_1(k) = \mathcal{P}(S_1^{(k)}); p_2(k) = \mathcal{P}(S_2^{(k)}); \dots; p_n(k) = \mathcal{P}(S_n^{(k)})$  - після  $k$ -го кроку:

При цьому для кожного кроку  $k$ :  $p_1(k) + p_2(k) + \dots + p_n(k) = 1$ , оскільки це ймовірність несумісних подій, що утворюють повну групу.

Матриця, що включає всі можливі перехідні ймовірності марківського ланцюга, представленого графом на рис. 1 з  $n$  станами (процесами), має вид:

$$\|\pi_{ij}\| = \begin{pmatrix} \pi_{1,1} & \pi_{1,2} & \pi_{1,3} & \cdot & \cdot & \pi_{1,n-1} & \pi_{1,n} \\ \pi_{2,1} & \pi_{2,2} & \pi_{2,3} & \cdot & \cdot & \pi_{2,n-1} & \pi_{2,n} \\ \pi_{3,1} & \pi_{3,2} & \pi_{3,3} & \cdot & \cdot & \pi_{3,n-1} & \pi_{3,n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \pi_{n-1,1} & \pi_{n-1,2} & \pi_{n-1,3} & \cdot & \cdot & \pi_{n-1,n-1} & \pi_{n-1,n} \\ \pi_{n,1} & \pi_{n,2} & \pi_{n,3} & \cdot & \cdot & \pi_{n,n-1} & \pi_{n,n} \end{pmatrix}.$$

Для станів системи на будь-якому кроці  $k$  (моменту часу  $t_1, t_2 \dots t_k$ ) існує ймовірність переходу по дугам за один крок в інші стани, а також ймовірність затримки у даному стані. Ймовірності переходів можуть бути отримані експертними методами або на основі експериментальних вимірювань. Власне ймовірності переходів і відображають дії управління в системі.

Як відомо на основі матриці перехідних станів, за умови, що початковий стан системи визначено, можна знайти ймовірність станів  $p_1(k), p_2(k) \dots p_n(k)$  після будь-якого  $k$ -го кроку за формулою повної ймовірності:

$$p_i(k) = \sum_{j=1}^n [p_j(k-1) \cdot \pi_{ji}] \Big|_{n=21}; \quad i = 1, 2, \dots, 21.$$

У однорідній марковській моделі з дискретним часом прийнято допущення про постійність перехідних ймовірностей. Таке допущення прийнятне, оскільки всі технологічні операції при виробництві продукту виконуються відповідно до затверджених нормативів трудомісткості. Далі наведено результати зміни ймовірностей станів системи управління верстатобудівним підприємством при впровадженні методології проектно керуваної організації (ПКО).

На рис. 2 приведені результати моделювання станів системи для початкових значень елементів матриці перехідних ймовірностей, що визначені на основі виробничих регламентів процесів і операцій ПКО. Матриця перехідних ймовірностей відповідає деякому рівню досконалості системи управління. За допомогою моделі ПКО, як ланцюга випадкових марківських процесів, в цілому отримані результати, які адекватно відображають тенденції розвитку ПКО. При цьому рівень досконалості управління визначає наявність для кожного з 21 процесів сукупності умовних перехідних

ймовірностей, яка залежить від співвідношення часу виконання процесу і операцій здійснення переходів до інших процесів.

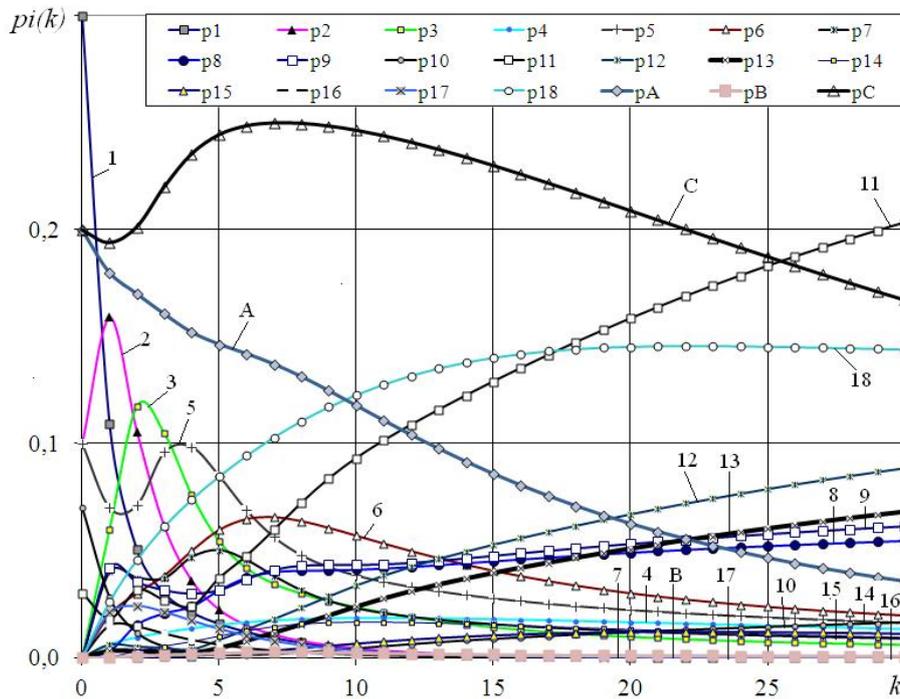


Рисунок 2 – Зміна ймовірностей станів процесів ПКО (позначення процесів див. рис. 1)

На початковому етапі розробки і впровадження засад ПКО основними процесами є розробка політики і мети в області якості, адміністративне управління (рис. 2, крива 1), створення і впровадження ПКО (крива 2), підготовка персоналу до роботи в нових умовах (криві 2, 3, 5, 6) і критичне аналізування вимог щодо продукції (крива А). Ці процеси становлять основу формування проектно-керованого середовища на підприємстві. Після 10 циклу ймовірності вказаних процесів монотонно зменшуються до значень 0,1 – 3 % часу виконання проекту на 30 кроці. Ймовірність перебування проекту у виробництві відображається кривою 11. Процеси забезпечення виробництва продукту (криві 8, 9, 12, 13) встановлюються в межах ймовірності станів 0,05 – 0,08. Оцінка задоволення споживача на завершальному етапі впровадження ПКО стає одним з процесів, якому слід приділяти увагу:  $p_{18}(30) > 0,1$ . Як слідує з результатів, що отримані за допомогою розробленої моделі, процес формування умов відповідальності, розподілу повноважень та інформування (С) слід віднести до основних станів системи.

*Висновки і напрямки подальших досліджень.*

Розроблена удосконалена модель станів ПКО з урахуванням рекомендацій нового стандарту сімейства ISO 9000 [3] з включенням додаткових процесів критичного аналізу вимог щодо продукції (А), супроводу продукту упродовж життєвого циклу (В), а також формування в організаціях умов відповідальності, розподілу повноважень та інформування (С), що дозволяє застосовувати однорідні марківські ланцюги з дискретними станами для побудови моделі ПКО. Розроблена марківська модель взаємодії процесів проектів ПКО враховує топологію системи і особливості процесів верстатобудівного виробництва.

Подальший розвиток досліджень спрямований на визначення похибок значень перехідних ймовірностей для оцінки загальних похибок у визначенні ймовірностей станів системи. Потребує також наукового обґрунтування структура системи і введення прямих горизонтальних зв'язків між виконавцями проектів з метою збільшити продуктивність виробництва за рахунок організаційно технічного управління і створення системи горизонтальних зв'язків в структурі ПКО.

**Список використаних джерел:** 1. Интегрированные генеративные технологии : учеб. пособие [Текст] / А.И. Грабченко, Ю.Н. Внуков, В.Л. Доброскок [и др.] ; под ред. А.И. Грабченко. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2011. – 396 с. 2. Азаров, Н.Я. Инновационные механизмы управления программами развития [Текст] / Н.Я. Азаров, Ф.А. Ярошенко, С.Д. Бушуев. – К. : «Саммит-Книга», 2011. – 528 с. 3. ДСТУ ISO 9001:2009 Системи управління якістю. Вимоги. (ISO 9001:2008, IDT). 4. ДСТУ ISO 10002:2007 Управління якістю. Задоволеність замовників. (ISO 10002:2004, IDT). 5. ДСТУ ISO 10005:2007 Системи управління якістю. Наставови щодо програм якості (ISO 10005:2005, IDT). 6. Вайсман, В.О. Моделі, методи та механізми створення і функціонування проектно-керованої організації [Текст] : Монографія / В.О. Вайсман. — К. : Наук. світ, 2009. — 146 с.

**Ș. RAICU, V. DRAGU, Ș. BURCIU & C. ȘTEFĂNICĂ**

Department of Transport, Traffic and Logistics,  
University “Politehnica” of Bucharest, Romania

## **OVERVIEW OF THE MASS TRANSIT NETWORK'S PROPERTIES IN REGARD TO THE TERRITORY FUNCTIONS ASSURED**

Mass transit networks are the ones that cover the urban space and lead to social - economical development of the areas. The intensity of the activities in the areas irrigated by mass transit must be the one determining network's design and location of the terminals, leading to accessibility and attractiveness growth. Bucharest metro network nodes are characterized using Shimbél nodality indexes (generalized nodality index and Shimbél nodality index) that are correlated with socio – economical characterization of the covered areas. The analyzed spatial – temporal correlation is studied by nodal accessibility; every path has associated a transport time value. Then, the pole of the network is determined and conclusions regarding the covering of the areas with high capacity transport network are formulated. The study is achieved for the present transport network and also for the designed transport network of the year 2030 and conclusions about future network orientations and developments have been formulated.

Keywords: mass transit, network topology, mobility, territory functions, ubiquity, vulnerability.

### *Prolegomena*

In regard to the infrastructure and operating technologies, spatial differences of territory functions assured by mass transit networks are emphasized, capable to determine further land use and transport planning actions [5, 9, 11].

### *Mass transit networks' properties*

#### *Ubiquity*

Ubiquity stands for the network's property of being accessible in more points in the same time/for a certain period.

The spatial covering of the network is reflected by the degree of ubiquity. Underground network's ubiquity, like for the others networks of terrestrial transportation, is strictly determined by stations' locations. On a continuous space, it is obvious that increasing the degree of ubiquity for the network by increasing stations density has a direct consequence on decreasing passengers average travel speed on the entire network. One of the main reasons for limiting the number of stations for the underground network (except the total investment costs) is the decreasing efficacy induced by stops, stationing times and frequent

start ups. Smooth disparities can be noticed between the present underground network and the one arising from the projected developments.

While the existing network has an average distance between the stations,  $\bar{d} = 1.40$  km, with a dispersion  $\sigma_2 = 0.19$  km<sup>2</sup>, the projected network for 2030 will have  $\bar{d}_1 = 1.15$  km, with a dispersion  $\sigma_{12} = 0.20$  km<sup>2</sup>.

In the above mentioned hypothesis of a continuous space, the average ubiquity of the network,  $\bar{u}$ , can be defined as ratio between the number of stations,  $n$  and the total length of the network,  $\sum L_r$  :

$$\bar{u} = \frac{n}{\sum L_r}, \text{ or } \bar{u} = \frac{1}{\bar{d}}, \quad (1)$$

expressed in number of stations for network's length unit (for example, km). The average ubiquity value  $\bar{u}$  has a dispersion:

$$\sigma_u^2 = \frac{1}{n\bar{d}^2} \sum \left( \frac{\bar{d}}{d_i} - 1 \right)^2. \quad (2)$$

The existing metro network has  $\bar{u} = 0.71$  stations/km and  $\sigma_u^2 = 0.10$  while the extended network of 2030 has  $\bar{u}_1 = 0.87$  and  $\sigma_{u_1}^2 = 0.18$ .

The following conclusions can be drawn by comparing the values of ubiquities and their dispersions in the two hypotheses (existing network and the developed/extended one):

- an ubiquity increase and so a better served area is supposed to be obtained by developing the underground network,
- the structural specificity of the area is emphasized by the significant values of ubiquity dispersion (and also for the distances between the stations),
- the extended network would be more adapted to the specificity of the served urban area ( $\sigma_{u_1}^2 > \sigma_u^2$ ).

#### *Connexity*

Network's property of assuring connexions among the considered points/areas is defined as connexity.

The representation of the planar graph associated with the network (only with the points/areas connected on the network) shows that connexity is assured. Infrastructure connexity must be extended to service connexity for main lines/routes of the underground network. Admitting the possibility that in all the junction points of the main underground lines one can pass from one main line to another (even passengers' travelling from one platform to another, on the same level or from one station to another one situated on different levels), we

can conclude that the network is connex (figure 1) both in the present and the 2030 perspective.

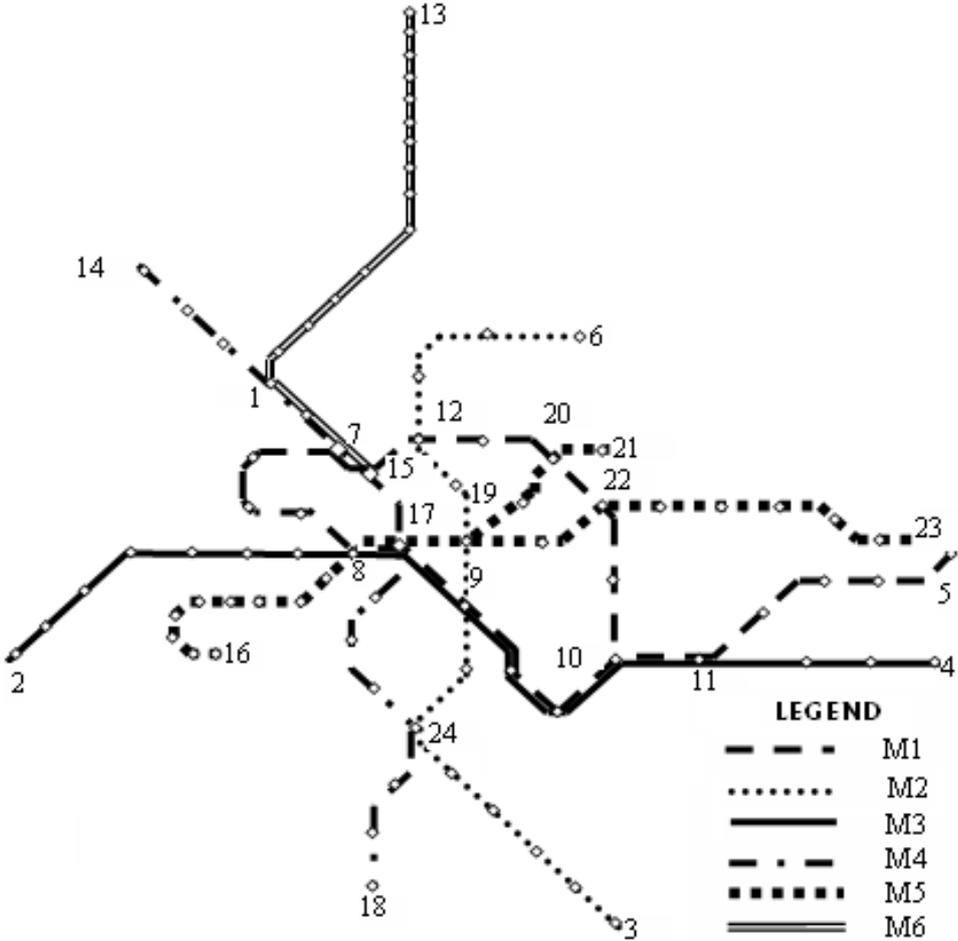


Figure 1 – Underground network (present and 2030 extensions)

*Connectivity*

Connectivity is represented by the multiplicity of the connexions within a network. The possibility of choosing an itinerary between two nodes appears by comparing some alternatives on a connective network.

Commonly, transport infrastructure networks haven't got maximal connectivity (corresponding to a complete graph in which any node has direct connexion with all the other nodes) and so, different indexes are used to reflect the network connectivity level. Among these, [6] for the actual study we have used  $\alpha$  and  $\gamma$  indexes.

The  $\alpha$  index is defined as ratio between the number of independent circuits of the graph associated to the network and the maximum possible number of independent circuits of the graph with the same number of nodes.

The cyclomatic number of the graph provides the number of independent circuits in a graph:

$$\mu = A - N + G, \quad (3)$$

where A is the number of links,

N – number of nodes,

G – number of connected components,

and maximum number of circuits of the planar graph is  $2N - 3$ , so:

$$\alpha = \frac{\mu}{2N - 3} \quad (4)$$

For the existing network  $\alpha = 0.015$  and for the extended one  $\alpha_1 = 0.021$ . The  $\gamma$  index is determined as ration between the number of links of the graph associated to the network and the maximum number of links of the graph with the same number of nodes.

For the planar graph:

$$\gamma = \frac{A}{3(N - 2)} \quad (5)$$

The existing network has a  $\gamma$  index of 0.166 while the extended one of 2030 has a  $\gamma_1$  of 0.1.

#### *Vulnerability*

Low values of connectivity both for the existing network and for the extended one can be notice (reflected by  $\alpha$  and  $\gamma$  indexes) meaning that the network (with almost a tree structure) is more vulnerable to losing the functionality of one or more links between the nodes than a complex network (following accidents or hyper congestion) [1-4, 8, 12].

The lack of functionality might even mean losing connexity for many of the links associated to the network's graph. This links (connecting marginal nodes and also the links 1-7, 7-15 and 10-11) are critical to network functioning.

To the other links of the network a different vulnerability index can be credited in correlation with the consequences of prolonging the travel time necessary to assure all the connexions within the network while, successively, one link loses functionality.

The total length of the shortest paths between the nodes of the network (table 1) in case of all links functioning is  $\sum L = 5978.9$  km and in case of links successively losing functionality (figure 2) the sum of the shortest paths among the nodes of the network is  $\sum L_d$  presented in table 2.

Table 1 – The shortest path among the nodes of the underground network

Node	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Shortest path	530	290	226	178	167	168	280	192	170	171	272	153	153	172	393	314	203	297	359	158	203	229	384	320

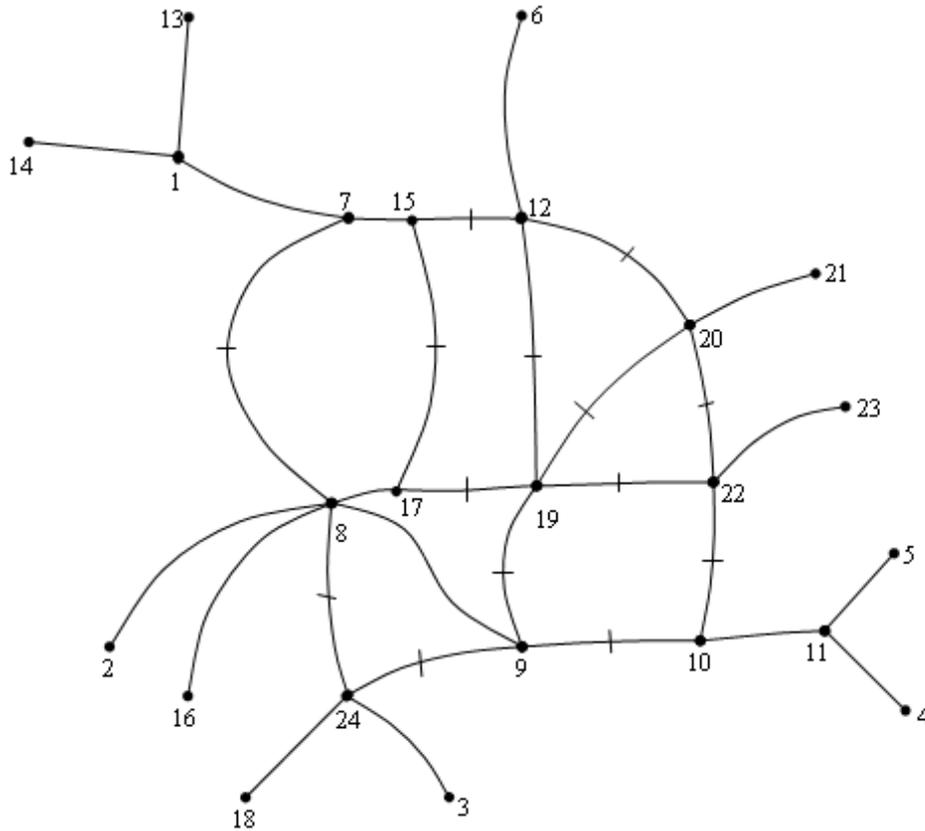


Figure 2 – Simplified representation of the links of the underground network (the case of links losing functionality)

Table 2 – Sum of the shortest links among the nodes in the hypothesis of losing the functionality

Link that loses functionality	7-8	15-17	17-24	24-9	9-19	19-17	9-10	19-22	10-22	20-22	19-20	19-12	15-12	12-20
Sum of minimum paths, $\sum L_d$	5978.9	6152.28	5996.96	6084.38	6023.2	6165.72	6065.82	6018.5	6161.02	6154.22	6006.86	6029.74	6241.3	6086.5
$\varepsilon = \frac{\sum L_d}{\sum L} - 1$	0	0.029	0.003	0.018	0.007	0.031	0.015	0.007	0.030	0.029	0.005	0.009	0.044	0.018

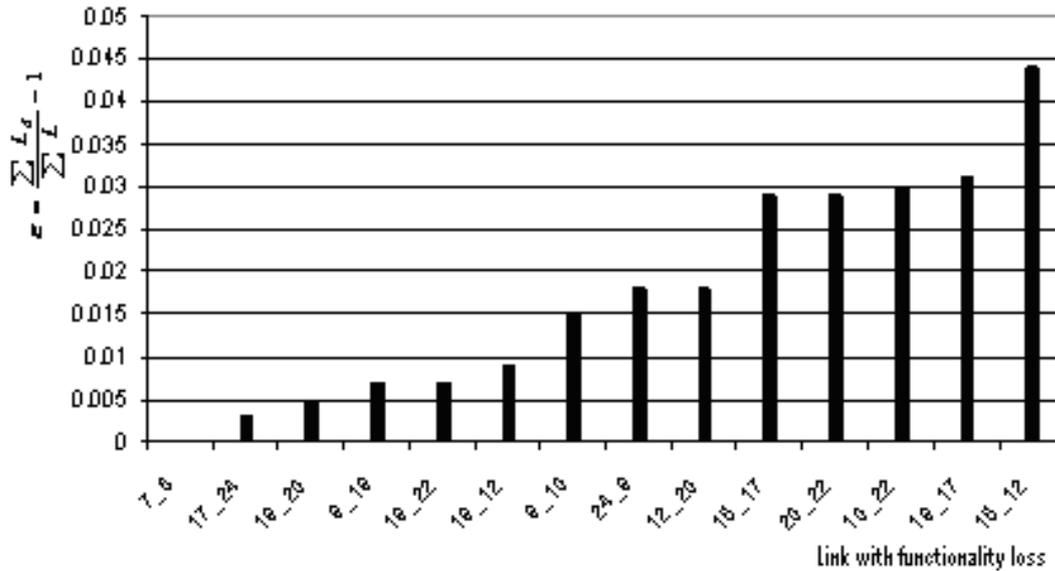


Figure 3 – Vulnerability of link with functionality loss

The  $\epsilon$  ratio gives a measure of the vulnerability of the network's links in relation to the considered criterion. The links of the network are differentiated by  $\epsilon$  values that could become scale marks for a hierarchy of the links' importance in relation to network vulnerability. Bigger values of  $\epsilon$  signify links with high vulnerability (except the ones defined critical to the network as the loss of their functionality would bring network connexion loss too).

The results present links 15-12 and 15-17 as being the most vulnerable in the whole network.

#### *Homogeneity and isotropy*

In the strict way of definition [5] these aspects are idyllic network properties, untouchable for any of the networks designed for material flows transfer.

In a wider approach, topological/geometrical/technical/functional characteristics of the network can be identified, that would allow the use of attributes like homogeneity/no homogeneity or isotropy/anisotropy for a transport network.

The previous references regarding ubiquity and vulnerability of the present and extended underground network revealed no homogeneity under the aspect of distances between stations and importance of the different links in assuring space-time correlations for the network. The links disparities from the vulnerability point of view can be interpreted as anisotropy, as they reveal the fact that not all the network's links are equivalent under the aspect of the relations assured among the network's elements. Actually, like properties of the networks, homogeneity and isotropy must be correlated to the relations assured

among the elements of the network and not to irrelevant characteristics about those functioning links that the network assures for the use of the territory system. That is way, the homogeneity of the underground network, under the aspect of the technical characteristics of infrastructure, transport means, technologies and even tariffs is not presented as it is not relevant for network's homogeneity and isotropy from the functions to be assured point of view.

Relevant for the global characterization of the space-time correlations assured by the underground network we have considered to be the average transfer speed,  $\bar{v}_i$  [7, 9], from each  $i$  node to all the others,  $j$  ( $j \neq i$ ),

$$\bar{v}_i = \frac{\sum_j d_{ij}}{\sum_j t_{ij}} \tag{5}$$

where  $d_{ij}$  is the distance from node  $i$  to all the others,  $j$ ,  
 $t_{ij}$  – travel time from node  $i$  to node  $j$  (including passengers' changing the line time in underground junction stations).

After grouping the  $\bar{v}_i$  values of the extended network of 2030, the izoaccessibility chart from figure 4 shows no homogeneity and anisotropy of the network.

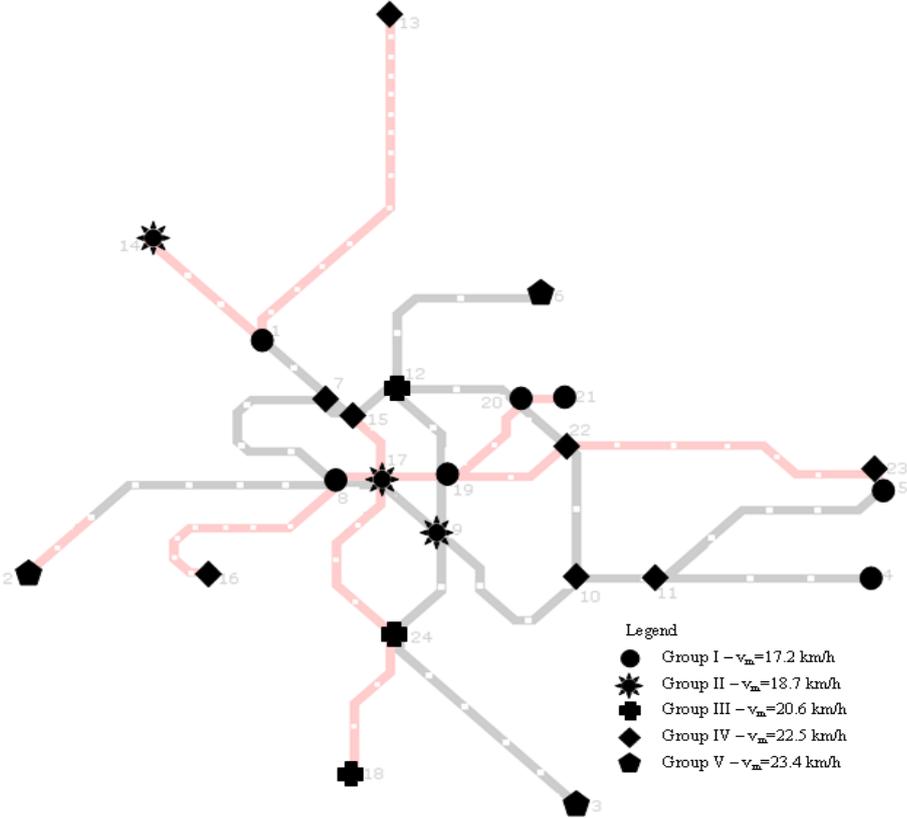


Figure 4 – Izoaccessibility (for  $\bar{v}_i$  values)

### Generalized accessibility

As a measure of the relative importance of the nodes given by network's topology, the generalized accessibility [5, 7, 9], together with the other quantitative measures of network properties, completes the studied network characterization. Starting from the direct accessibility matrix,  $M$ , for the existing network,  $M^2, M^3, \dots, M^p$  and nodal vectors, direct accessibility vectors  $N_l$  and  $N_i$ , for  $i = \overline{1,5}$  were determined ( $p = 5$ , network's diameter). Adding them ( $N_i$ ) gave us the generalized accessibility vector  $N_g$  (table 3) and  $n_g$  values, obtained by dividing  $N_g$  to  $N_g^{max} = 420$ , for the existing and the extended network.

Both for the existing and for the projected network one can see that the hierarchy of the nodes within the network is clearer as the nodal vector has a higher rank. The expected changes in network's configuration modify nodes' hierarchy. If in the present situation 9 and 12 nodes hold the best positions, in the future network they would be gained by 17 and 19 nodes.

### 2.7 Shimbel accessibility

Unlike generalized accessibility, the Shimbel accessibility takes into account only the direct links between the nodes [5, 7, 9]. Redundant links with repeated returns at origin and/or destination node are eliminated.

Shimbel accessibility vector (signifying the number of sequences – links involved in the connexion from that node to all the other nodes of the graph) emphasizes the dominant positions of the nodes 9, 10 and 12 for the present situation and nodes 17 and 19 for the projected network (table 3).

Table 3 – Shimbel accessibility and generalized accessibility indexes

Node	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
$N_i$ (2010)	35	35	31	37	37	31	25	25	<b>21</b>	<b>21</b>	27	<b>21</b>												
$N_i/N_i^{max}$ (2010)	0.23	0.23	0.34	0.15	0.15	0.34	0.66	0.66	1.00	0.84	0.43	1.00												
$N_i$ (2030)	90	86	89	108	108	89	72	64	58	68	86	67	112	112	62	86	54	89	59	66	88	69	91	67
$N_i/N_i^{max}$ (2030)	0.09	0.11	0.15	0.04	0.04	0.18	0.28	0.38	0.79	0.43	0.14	0.65	0.03	0.03	0.50	0.11	0.89	0.15	1.00	0.68	0.19	0.63	0.17	0.55

### 2.8 Nodal accessibility

The generalized and Shimbel accessibility took into account only network's topology while the nodal accessibility [5, 7, 9] differentiate network's nodes from the point of view of length, travel time and transfer cost for all the links between nodes' graph associated to the network (the links of the graph have geometrical and technical-functional characteristics associated, which integrates infrastructure aspects and technology performances of the network). Both for the existing and the projected network, the nodal accessibility, determined in

relation to the transfer time between the nodes, led to the nodal accessibility vectors from table 4.

Table 4 – Nodal accessibility vectors

Node	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Travel time (present)	520	480	536	566	566	409	433	369	351	286	304	278												
Travel time (2030)	772	993	921	1284	1284	725	485	618	499	545	599	489	1428	922	440	841	502	853	525	571	637	456	720	597

### Conclusions

For the actual case of a large city, it was proven that the correlations between high capacity public urban transport and urban area can be quantitative characterized.

Focused both on the accessibility given by the infrastructure and on the one assured by the global offer of the public transport system (including operating technologies of different operators), the research can be further developed with attractiveness evaluations (as an expression of the specificity of the potential need for population mobility in a certain urban area) in relation to a certain development stage of high capacity public urban transport.

The results, by the discrepancies emphasized in covering the territory with high capacity public transport offer, are appropriate to developing infrastructures and/or transport technologies and also for land use planners that aim spatial development with consequences in modifying the need for social mobility within urban territory.

**References:** 1. Bell, M.G.H., A game theory approach to measuring the performance reliability of transport networks, *Transportation Research*, vol. 34B, pp. 533-545, 2000. 2. Bell, M.G.H. and Y. Iida, Network reliability. *Transportation network analysis*, John Wiley & Sons, pp. 179-192, 1997. 3. Berdica, K., An introduction to road vulnerability: what has been done, is done and should be done, *Transport policy*, 9(2), pp. 117-127, 2002. 4. Chen, A., H. Yang, H.K. Lo, W. H. Tang, A capacity related reliability for transportation networks, *Journal of Advanced Transportation*, vol. 33(2), pp. 183-200, 1999. 5. Dupuy, G., *Systemes, reseaux et territoires: principe de reseautique territorial*, Presses de l'ENCP, 1985. 6. Kansky, *Structure of Transportation Networks: Relationships between Network Geometry and Regional Characteristics*, Chicago University Press, 1963. 7. Mackiewicz, A., Ratajczak, W., Towards a new definition of topological accesibility, *Transportation Research*, 30B/ 1, 1996, pp. 47-79. 8. Raicu, S. et al. Researches about transport network reliability, *PNCDI Grant, Education and Research Ministry*, 2004. 9. Raicu, Ș., *Sisteme de transport*, Ed. AGIR, București, 2007. 10. Raicu, S. et al. Solutions for the attractivity increasing of the urban public transportation. *Case study: Bucharest city and its metropolitan area*. (in Romanian: Soluții pentru creșterea atractivității transportului public urban. Studiu de caz pentru București și aria metropolitană) research project, UPB, 2006. 11. Raicu, Ș. et al. About the high capacity public transport networks territory functions, *Urban Transport XV – Urban Transport and the Environment*, Editor C.A. Brebbia, WIT Press, pp. 41-51, 2009. 12. Taylor, M.A.P., D'Este, G.M., Critical infrastructure and transport network vulnerability, *The Second International Symposium on Transportation Network Reliability (INSTR)*, New Zealand, pp. 96-103, 2004.

*О.С. САВЕЛЬЕВА*, канд. техн. наук, Одесса, Украина

## **НЕТРАДИЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЭКСПРЕСС-МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ С РЕЗЕРВИРОВАНИЕМ**

Запропонована експрес-модель надійності складних технічних об'єктів в експлуатації, заснована на принципі подібності працездатності морфологічно однакових систем.

Предложена экспрес-модель надежности сложных технических объектов в эксплуатации, основанная на принципе подобия работоспособности морфологически одинаковых систем.

The express model of difficult technical objects in the operation reliability, based on a principle of morphology identical systems working capacity similarity is offered.

Параметры надежности в обязательном порядке присутствуют в перечне характеристик, входящих в техническое задание на создание сложных объектов ответственного назначения с резервированием [1]. Поэтому проблема моделирования надежности сложных технических систем (СТС) является одной из самых актуальных, особенно, на этапе их автоматизированного проектирования, когда математическая модель (ММ) становится единственным источником информации об особенностях реакции еще не существующего объекта на будущие условия эксплуатации.

Важным компонентом таких ММ является модель структурной надежности, в которой показатели последней находятся в функциональной зависимости непосредственно и исключительно от структуры объекта: теоретической, полученной в САПР, начальной, сложившейся в результате ошибок изготовления, и, наконец, последующей, переменной в результате изменения собственных характеристик и воздействий условий эксплуатации.

Одним из действенных методов повышения надежности динамической системы является структурное резервирование – введение дополнительных резервных элементов, которые при абсолютной надежности элементов исходной системы не являются функционально необходимыми [2].

Рассмотрим, как можно количественно оценить такой параметр надежности резервированного объекта, как работоспособность – состояние, при котором он способен выполнять заданную функцию с параметрами,

установленными требованиями технической документации, на протяжении расчетного срока службы [3].

Работоспособность объекта прекращается с его отказом. Отказ – событие, которое состоит в нарушении исправного состояния объекта. Критерии отказа – признаки нарушения работоспособного состояния объекта, установленные в нормативно-технической документации.

Так как работоспособность резервированных СТС – это вероятностная характеристика, – ее экспериментальная статистическая оценка существенно зависит от методики исследования. Оценки численных характеристик работоспособности существенно затрудняются в условиях постоянных повреждений, которые СТС получает во время своей эксплуатации.

Основной алгоритм проектирования надежных систем можно представить в виде некоторой схемы, которая включает следующие блоки: эвристический, аналитический, интеллектуальный (рис. 1). Эвристический блок «отвечает» за генерирование новых и корректировку существующих структур объекта проектирования, аналитический блок выполняет оптимизацию параметров элементов структур, интеллектуальный блок осуществляет прогнозирование надежности текущего варианта объекта и принимает решение об адекватности характеристик текущего варианта техническому заданию на проект.

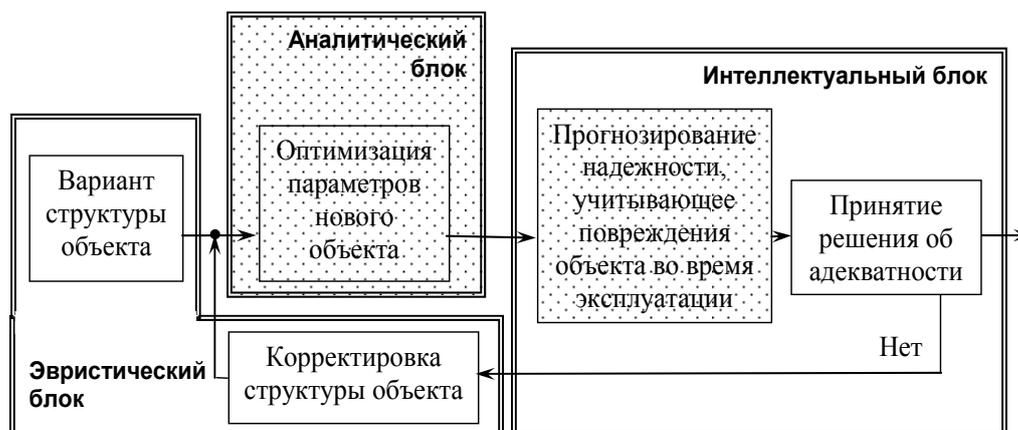


Рисунок 1 – Схема основного алгоритма проектирования надежных систем.

К сожалению, такой алгоритм обладает существенным недостатком: весь аналитический блок и подблок прогнозирования надежности интеллектуального блока работают крайне медленно по следующим причинам.

1. Огромный объем вычислений при многоцелевой многопараметрической оптимизации параметров элементов [4].

2. Огромный объем «ручной работы» по переналадке структуры моделей надежности в существующих предметных САПР, связанной с отходом повреждаемого объекта от его первоначальной (проектной) структуры [5]

3. Для осуществления его функции требуются отсутствующие на этапе проектирования исходные данные, для «добывания» которых приходится прибегать к экспериментам на моделях, мониторингу за эксплуатацией подобных СТС, экспертным оценкам и другим длительным методам, дающим к тому же, нечеткие результаты [6].

4. Существующие методы построения структурных систем надежности предназначены для применения, прежде всего, к системам без резервирования и системам, в которых появления отказов не имеет значения; в противном случае необходимо применять Марковские модели надежности [7]. В свою очередь, *эмпирико-статистические марковские модели*, работа которых построена на непосредственной оценке повреждений, произошедших в системе при ее стендовых и полигонных испытаниях [6], к сожалению, не позволяют оценить текущее состояние объекта в целом, тем более, идентифицировать его отказ. Полумарковские модели созданы для моделирования дискретных систем в непрерывном времени [8], однако для их обучения необходима информация, полученная при практических испытаниях объекта моделирования, что не всегда удобно на этапе проектирования.

В этих условиях он-лайн экспресс-оценка структурной надежности генерируемых вариантов будущего объекта становится невозможной из-за высокой временной сложности работы алгоритма, что, в итоге, отрицательно сказывается на качестве объекта в целом.

Поэтому **целью настоящей работы** является повышение надежности проектируемых объектов и снижение сроков автоматизированного проектирования путем разработки и внедрения математической экспресс-модели структурной надежности сложных систем с резервированием.

Моделированию структурной надежности может быть подвергнут любой объект физического мира. Для этого на начальных стадиях исследования его необходимо рассмотреть в виде черного ящика: некоторого преобразователя «вход  $\rightarrow$  выход», имеющего собственную внутреннюю структуру  $S$  в виде связанных определенным образом элементов, а также параметры последних  $P$ .

Построим ММ такого преобразования. Для этого рассмотрим проектируемый объект в виде операторного уравнения, превращающего вектор

входных переменных  $X$  (конструкция объекта + условия его эксплуатации) в вектор выходных  $Y$  (техническое состояние: работоспособность объекта) с помощью структурированного оператора  $\Omega$ :

$$Y \rightarrow \Omega(X, S_0, P_0). \quad (1)$$

Пусть значение  $X$  с помощью начального оператора  $\Omega(X, S_0, P_0)$  преобразуется в  $Y_0$ , принадлежащее к множеству работоспособных элементов  $M$  (рис. 2).

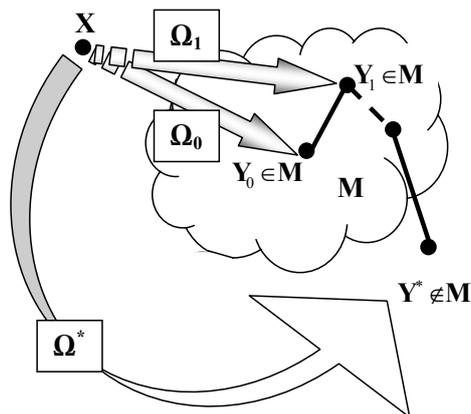


Рисунок 2 – Схема изменения значения выходного вектора  $Y_0$  операторного преобразования при последовательном «повреждении» структуры оператора  $\Omega$ .

Пусть теперь структура  $S$ , входящая в начальный оператор  $\Omega_0$ , изменена (повреждена) путем изъятия отдельных элементов или связей так, что оператор  $\Omega_0$  превращается в оператор  $\Omega_1$  (рис. 2). При этом результат операторного преобразования  $Y_1$ , как показано на рисунке, остается в множестве  $M$ . Можно утверждать, что по мере дальнейшего дискретного повреждения начального оператора  $\Omega_0$  до уровня  $\Omega^*$  вектор  $Y$  будет двигаться в множестве  $M$  и за несколько итераций повреждения выйдет за пределы этого множества, – объект со свойствами  $Y^*$  станет неработоспособным [9].

Для быстрой идентификации такого перехода был предложен новый алгоритм экспресс-проектирования (рис. 3) на основе предлагаемой нетрадиционной морфологической экспресс-модели (НМЭМ), отличающейся следующими свойствами.

Во-первых, на вход блока подается информация только об исходной структуре варианта объекта проектирования.

Во-вторых, при автоматическом построении и работе с этой моделью не выполняется оптимизация параметров элементов, – предполагается, что значения этих параметров автоматически настраиваются на некоторый скрытый многоцелевой квазиоптимум при обучении НМЭМ.

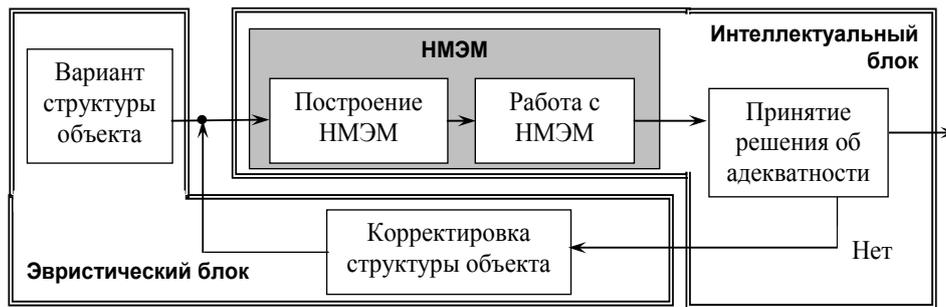


Рисунок 3 – Схема основного алгоритма проектирования с использованием нетрадиционной морфологической экспресс-модели (НМЭМ).

В-третьих, работа с моделью предполагает автоматическое выполнение набора косвенных стандартных компьютерных процедур с помощью предлагаемого быстродействующего инвариантного программного модуля, не связанного напрямую ни с одним свойством объекта, кроме его структуры.

В-четвертых, блок НМЭМ возвращает результат своей работы в виде числа, пригодного для непосредственного сравнения и ранжирования проектируемых вариантов объекта.

В-пятых, НМЭМ позволяют легко моделировать многочисленные стратегии технического обслуживания. Кроме того, в НМЭМ можно отразить порядок, в котором происходят многократные отказы [10], что по сути позволяет использовать ее в качестве *морфологической марковской модели*.

Перечисленным качествам НМЭМ обязана находящейся в ее структуре адаптивной ММ в виде интеллектуальной морфологической модели (ИММ) (рис. 4), которая представляет собой сеть интеллектуальных математических нейроподобных элементов с резервированием, соединенных математическими нейроподобными связями.

ИММ отличается от традиционной нейронной сети (НС) тем, что она автоматически «сама себя строит» и «сама себя повреждает», используя соответствующие настройки пользователя. Важной отличительной особенностью работы ИММ в НМЭМ является то, что она распознает образы, не имеющие структурного или параметрического отношения к проектируемому объекту (так, объектом проектирования может быть рама моста, а распознаваемыми образами – элементы рукописного шрифта) (рис. 5).

*Общее у них находится только в самой модели: между объектом и ИММ (что, собственно и делает ИММ математической моделью объекта) существует морфологическое равенство структур – матриц элементов и связей между ними!*

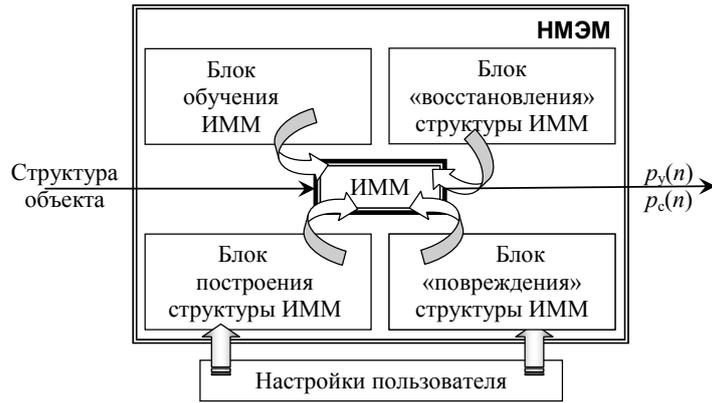


Рисунок 4 – Место ИММ в общей структуре НМЭМ.

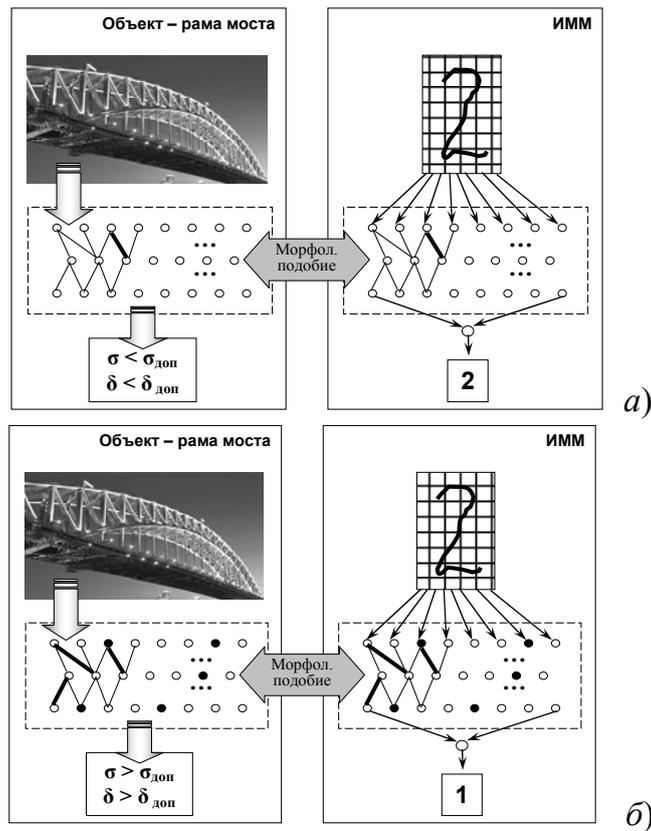


Рисунок 5 – Схема морфологического подобия между объектом и ИММ: *a* – модель регистрирует работоспособное состояние; *b* – модель регистрирует отказ.

В ИММ считается, что, если модель правильно распознает образ (рис. 5 *a*), то и моделируемый объект работоспособен, если же модель неправильно распознает образ (рис. 5 *b*), то моделируемый объект отказал.

Пусть сравниваются два объекта – I и II, которые принадлежат к разным типам: СТС и ИММ. Построим для них, соответственно, два операторных уравнения типа (1), у которых совпадает только структура  $\Omega_I$  и  $\Omega_{II}$ :

$$Y_I \rightarrow \Omega_I(X_I, S_I, P_I); \quad (2)$$

$$Y_{II} \rightarrow \Omega_{II}(X_{II}, S_{II}, P_{II}); \quad (3)$$

$$S_I \equiv S_{II} . \quad (4)$$

Совпадение (4) может быть естественным или искусственно созданным. Поскольку показатели надежности – количественные характеристики одного или нескольких свойств, определяющих надежность объекта, сформулируем такое **Утверждение**.

*Если между двумя начальными состояниями объектов с избыточной структурой существует изоморфизм, то при изоморфном разрушении этих объектов будет наблюдаться близость между статистическими оценками их работоспособности, независимо от типа объектов и задач, которые эти объекты решают.*

Под близостью будем понимать корреляционную связь или совпадение некоторых оценок в том смысле, что разность между ними не выходит за пределы установленного допуска.

Доказательство Утверждения с учетом вероятностно-статистического характера объекта было осуществлено экспериментально в соответствии со следующим алгоритмом, основанном на многократном ( $N \geq 300$ ) повторении итераций моделирования и сравнения.

**Шаг 1.** Построить математическую модель работоспособности СТС.

**Шаг 2.** Принять методику внесения повреждений в структуру СТС, моделирующую ее жизненный цикл.

**Шаг 3.** Выполнить моделирование работоспособности СТС и ИММ по мере внесения повреждений в ее структуру.

**Шаг 4.** Выполнить расчеты корреляционной зависимости между полученными компьютерным экспериментом трендами работоспособностей СТС и ИММ по мере внесения повреждений в их структуру.

**Шаг 5.** Выполнить расчеты параметров аналитических зависимостей, аппроксимирующих упомянутые тренды.

**Шаг 6.** Сравнить полученные результаты с заданным порогом.

**Шаг 7.** Повторить шаги 3 – 6  $N$  раз.

В настоящей работе эксперимент проводили на СТС в виде рамы, содержащей 34 узла и 48 связей между ними, построенной в пакете *Auto-desk Inventor*, и морфологически подобной НС, распознававшей рукописные цифры. В эксперименте принимали  $N = 300$ , при этом коэффициент корреляции в каждом цикле не опускался ниже 92,3 %.

Работа НМЭМ регламентируется следующими алгоритмами.

*Алгоритм создания модели.*

1. Вход: вариант структуры объекта.
2. Построение морфологически подобной ИММ.

3. Обучение ИММ на обучающих выборках.
4. Выход: обученная ИММ, морфологически подобная новому (без повреждений) объекту.

*Алгоритм испытания модели [11].*

1. Вход: обученная ИММ, морфологически подобная новому (без повреждений) объекту.
2. В ИММ формируются множества  $N_y$  «склонных к повреждению» узлов и  $N_c$  «склонных к повреждению» связей. «Повреждением» связи считается ее удаление из модели, а «повреждением» узла – удаление всех примыкающих к нему связей.
3. Количество повреждений узлов  $n_y = 1$ .
4. Количество повреждений связей  $n_c = 1$ .
5. В структуру ИММ случайным образом вносится  $n_y$  или  $n_c$  «повреждений», множества которых представляют сочетания  $C_{N_y}^{n_y}$  и  $C_{N_c}^{n_c}$ .
6. «Поврежденная» ИММ «нагружается» и запускается подпрограмма ее работы.
7. По результатам работы ИММ при условиях данной итерации фиксируется ее работоспособность или отказ (например, распознала или не распознала ИММ некоторый образ).

П.п. 5 – 7 повторяются статистически обоснованное количество раз, в результате на соответствующих графиках (рис. 6) отдельно для узлов и связей появляется точка с координатами  $n_y$  или  $n_c$  по оси абсцисс и значением отношения:

$$P_n = \frac{\text{количество правильных результатов работы ИММ}}{\text{количество итераций при текущем } n_y \text{ или } n_c} \quad (5)$$

по оси ординат, которое интерпретируется как статистическая вероятность безотказной работы ИММ при перебранных сочетаниях повреждений из  $N_y$  по  $n_y$  и  $N_c$  по  $n_c$ , соответственно.

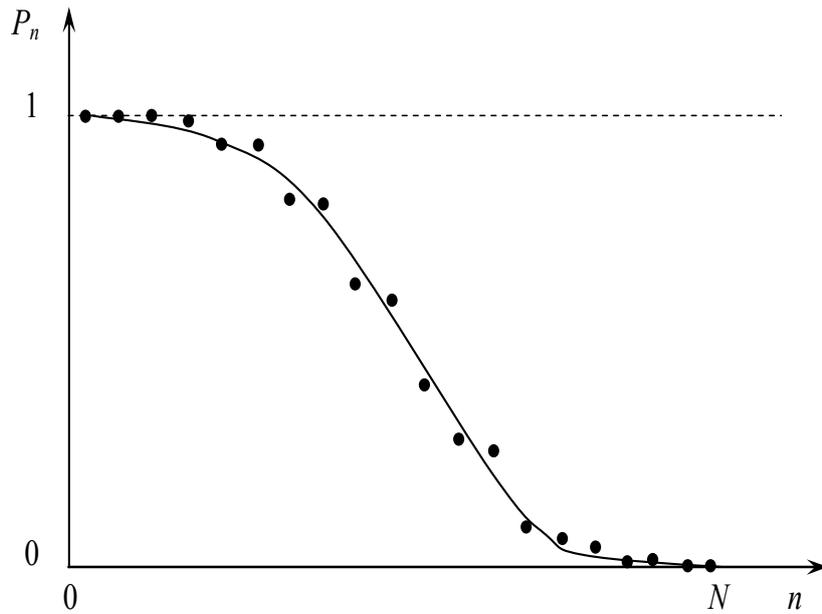


Рисунок 6 – Схема к построению зависимости  $P_n = f(n)$ ;  $1 \leq n \leq N$ .

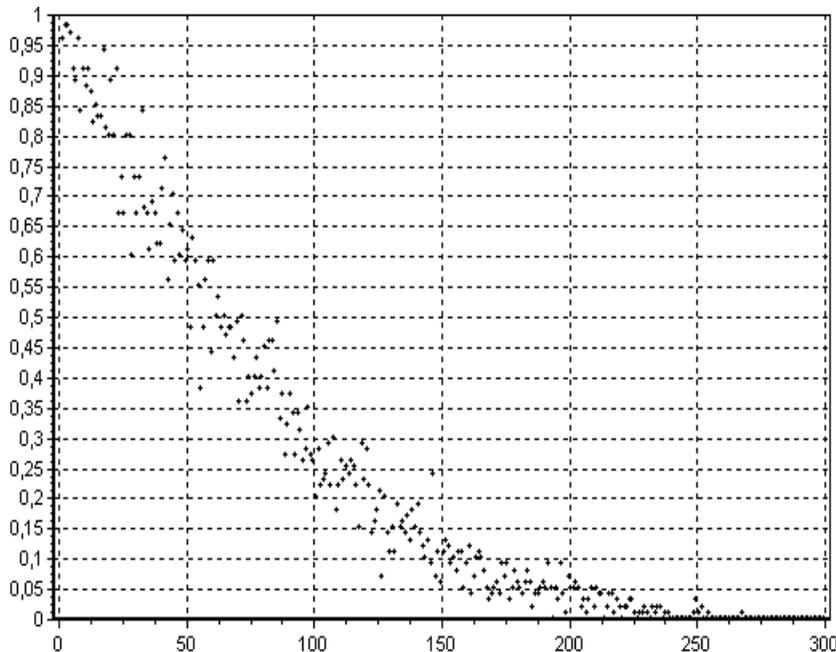


Рисунок 7 – Итоговое окно программного модуля ( $N = 300$ ).

1. «Количество поврежденных узлов  $n_y = n_y + 1$ .
2. Количество поврежденных связей  $n_c = n_c + 1$ .
3. Возврат к п. 5.
4. Выход из цикла и останов при  $n_y = N_y$  и  $n_c = N_c$ .

В итоге, когда  $n_y$  пробегает диапазон от 1 до  $N_y$  (или  $n_c$ , соответственно, диапазон от 1 до  $N_c$ ), в окне программного модуля появляется экспериментальная зависимость  $P_y(n)$  или  $P_c(n)$  в виде «облака» точек (рис. 7). При этом считали, что  $P_y(0) = P_c(0) = 1$ . Облако» точек может быть сглажено аналитической функцией, например, логистической, сигмоидной, степенным рядом или другой. Коэффициенты таких функций после сведения

к одному числу могут служить мерой сравнения структурной надежности отдельных вариантов проектируемой конструкции. *Сравнительная характеристика методов проектирования надежных объектов и их ориентировочная временная сложность приведены в табл.*

В частности, для оценки и сравнения сложных технических систем, «поведение» которых имеет признаки стохастичности, приобретает все большее распространение использование энтропии [12]. В частности, нами предложен критерий, основанный на вычислении энтропийного критерия надежности:

$$K = -\sum_{j=1}^N [p_j \log_2 p_j + (1 - p_j) \log_2 (1 - p_j)], \quad (6)$$

где  $p_j$  – ордината  $j$ -ой точки в итоговом окне;  $Q$  – количество точек в итоговом окне.

Методы проектирования надежных объектов и их ориентировочная временная сложность

№№пп	Этап моделирования	Традиционный метод		С помощью НМЭМ	
		Метод	Временная сложность	Метод	Временная сложность
1	Генерирование варианта структуры	Эмпирический	1 час	Эмпирический	1 час
2	Многоцелевая оптимизация параметров элементов	Аналитический	8 час	Обучение ИММ	0,5 часа
3	Прогнозирование повреждения объекта во время эксплуатации	Марковская модель	30 час	НМЭМ	1 час
4	Определение критерия надежности	Autodesk Inventor	60 час	НМЭМ	1 час
5	Корректировка структуры объекта	Эмпирический	1 час	Эмпирический	1 час
	Итого:		100 час		4,5 часа

**Выводы.** Предложена нетрадиционная математическая экспресс-модель надежности сложных систем с резервированием, основанная на близости между статистическими оценками работоспособности различных, изоморфных по структуре объектов, независимо от их типа и решаемых задач.

Решена проблема информационной поддержки проектирования структурной надежности сложных технических систем с резервированием путем применения нетрадиционной морфологической экспресс-модели для прогнозирования жизненного цикла систем, а также для относительно быстрой текущей и интегральной оценок их отказоустойчивости на основе единого критерия.

Результаты работы прошли производственные испытания при модернизации систем аварийной защиты энергоблоков № 2 ОП «Хмельницкая АЭС» и № 4 ОП «Ровенская АЭС», в одесской фирме «ВИКТИ», в Одесском морском порту, на Одесском заводе строительных материалов с положительным технико-экономическим эффектом.

**Список использованной литературы:** 1. *Ястребенецкий М.А.* Безопасность атомных станций: Информационные и управляющие системы / *М.А. Ястребенецкий, В.Н. Васильченко, С.В. Виноградская* и др. – К.: Техніка, 2004. – 472 с. 2. *Острейковский, В.А.* Теория надежности. – М.: Высшая школа, 2003. – 408 с. 3. *Бобров В.И.* Надежность технических систем. – М.: МГУП, 2004. – 236 с. 4. *Штойер Р.* Многокритериальная оптимизация: теория, вычисления, приложения. – М.: Наука, 1982. – 402 с. 5. Семейство продуктов Autodesk Inventor [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.autodesk.ru/adsk/servlet/pc/index?siteID=871736&id=14569066>. 6. *Балан, С.А.* Статистические методы прогнозирования жизненного цикла сложных восстанавливаемых технических систем / *С.А. Балан, А.Л. Становский, Халиль Ягхи* // Тр. Одесск политехн ун-та. – Одесса: ОГПУ, 2000. – Вып. 3. – С. 95 – 98. 7. МЭК 61078:1991. – Метод структурной схемы надежности. 8. *Дышин О.А.* Полумарковские модели управления рисками в магистральных газонефтепроводных системах / *О.А. Дышин, И.А. Азизов* // Электронное моделирование. – 2010. – Т. 32. – № 2. – С. 15 – 30. 9. ГОСТ 27103-83. Надежность в технике. Критерии отказов и предельных состояний. Основные положения. 10. *Князева, Е.Н.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / *Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов*. – М.: Наука, 1994. – 236 с. 11. *Красножон С.Н.* Исследование стойкости регулярных конструкций / *С.Н. Красножон, О.С. Савельева, О.Е. Плачинда* // Труды XII семинара «Моделирование в прикладных научных исследованиях». – Одесса: ОНПУ, 2005. – С. 18 – 19. 12. *Хазен, А.М.* Введение меры информации в аксиоматическую базу механики. – М.: РАУБ, 1998. – 324 с.

*TĂNĂSOIU A.*, “Aurel Vlaicu” University, Arad, Romania

*COPACIU.*, “Aurel Vlaicu” University, Arad, Romania

*ILIAS N.*, University of Petrosani, Romania

## **PARTICULARITIES OF THE RESISTANCE OF RAILWAY CAR BEARING STRUCTURES TO THE SHOCK CAUSED BY BUFFING**

The paper presents a theoretical and experimental study on the resistance of the tank-chassis connection (seat) to the dynamical strains caused by the shock due to collision. The theoretical resistance computations using the Finite Element Method, for the compression on the buffers constituted fundamental information for the choice of the verified dangerous sections. The paper presents the collision testing conducted for this purpose with the conclusions imposed by the experimental study.

*Keywords:* shock caused by collision, von Mises stresses, bearing structure.

### **1. Introduction**

The experimental study of the resistance of bearing structures through static trials is mandatorily continued by dynamic repeated shock trials and the determination of the lifetime in relation to the random loads that act upon the vehicle during travel.

In this paper we have aimed to follow the way in which a theoretical and experimental research program proceeds in order to lead to a just appreciation of the technical, technological and constructive solutions adopted for the studied case, meaning the resistance in use of the affixing method of the tank to the wagon chassis [1], [4].

For this purpose, the following working phases were conducted:

1. Computation using the Finite Element Method of the von Mises Stresses for the buffer compression of 2x1MN in the presence of a vertical load SV=63000kg, denoted by SV63+CT2x1MN.

2. Experimental determination of the stresses with linear or three-directional rose type transducers, in the areas or sections determined from the computation to be dangerous.

3. Final verification through the collision shock trial of the vehicle, according to ERRI B12 Rp17 ed.8.

## 2. Finite Element Method Computation

In the design phase, a 3D model of the car geometry was created and then introduced into the MSC Nastran software and adapted to the requirements for the Finite Element three-dimensional analysis.

Due to the fact that the car structure comprises small thickness sheet metal, in the bidimensional analysis with FEM, plate type elements were used. The thickness of the discretization elements was chosen between 10mm and 70mm, such that in the stress concentrators acceptable values were obtained.

The computations were conducted for a tank wagon with the following characteristics:

- Weight of the empty car -  $m_c = 27000$  kg;
- Maximum useful load  $m_2 = 63000$  kg;
- Axle load  $2Q_0 = 22500$  kg;
- Axle base  $a = 10820$  mm;

The properties necessary for the static analysis, corresponding to the steel, are – longitudinal elasticity module (Young module),  $E = 210000$  [Mpa]; mass density  $\rho = 7850$  kg/m<sup>3</sup> and the transverse contraction coefficient (Poisson's coefficient)  $\nu = 0.3$

The chassis and the tank affixing apparatus are made out of St52 DIN 17100 steel with  $R_{p0,2} = 355$  N/mm<sup>2</sup> and the flow limit for the tank material, since it is equipped with an exterior heating installation welded on to the tank, with a maximum computation temperature of +190°, is the flow limit at 190°C obtained by interpolation  $R_{p0,2} = 229$  N/mm<sup>2</sup>.

The simulated load to which the vehicle was subjected is SV63t+CT2x1MN and the obtained results are shown in figures 1-3.

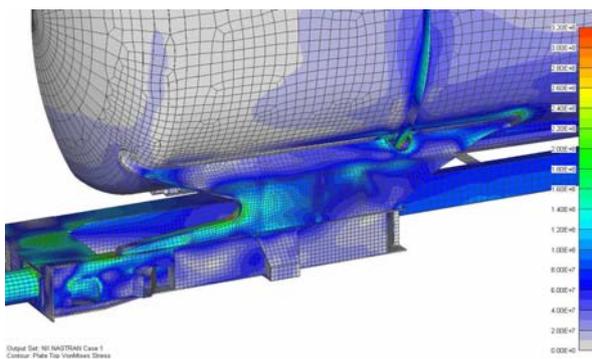


Figure 1 – Equivalent von Mises stress [N/m<sup>2</sup>]

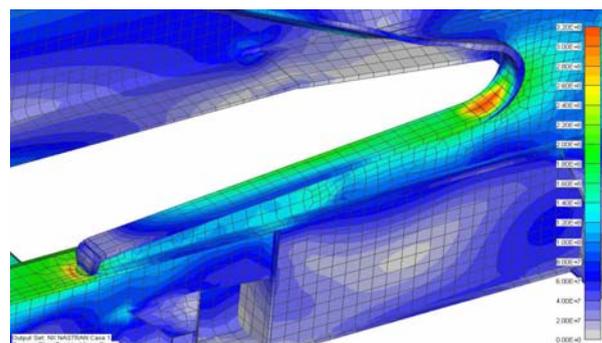


Figure 2 – Equivalent von Mises stress [N/m<sup>2</sup>]

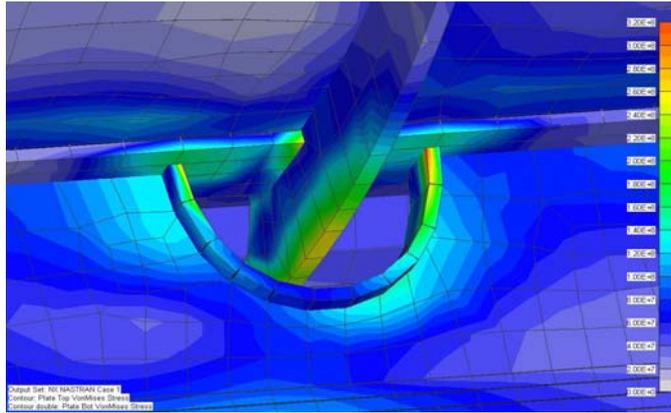


Figure 3 – Equivalent von Mises stress [N/m<sup>2</sup>]

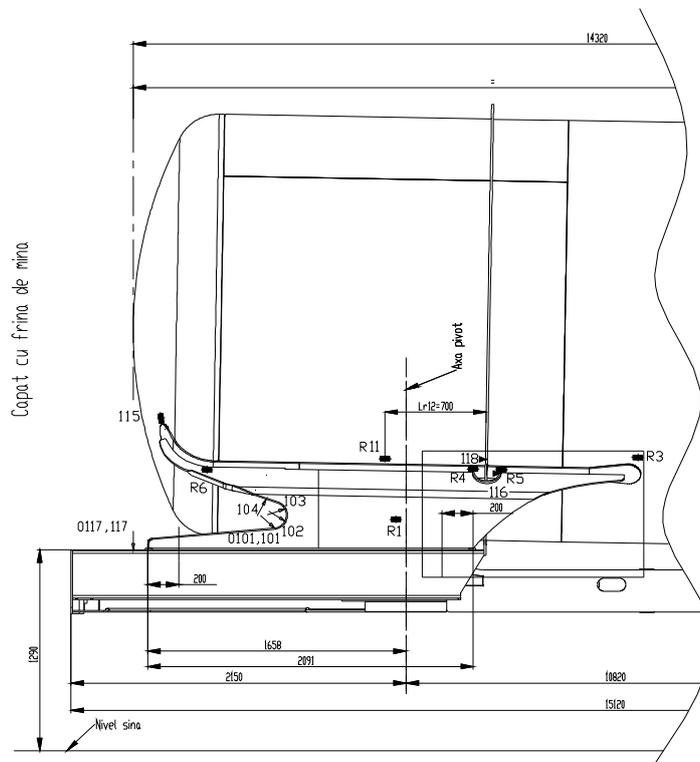


Figure 4 – Placement plan for the transducers on the tank wagon

### 3.Experimental results

The vehicle was equipped with electric resistive transducers for the experimental study in direct accordance with the dangerous areas determined through the computation. Consequently, 9 linear and 5 tensometric rose-type transducers [2] were affixed to the car, according to the placement plan shown in figure 4.

In an adequate testing stand, the static compression trial in the presence of a vertical load was conducted, with the results being presented in table 1.

Table 1.

Transducer	[SVm1m2+CB2x1 MN] [N/mm <sup>2</sup> ]
101	-334
102	-298
103	12
104	29
115	44
116	-236
117	-347
0117	-301
R1	64,6
R3	175,0
R4	206,0
R5	291,1
R11	72,4

The collision trials were conducted in a specialized stand by launching the colliding car, with a mass of 80t, that impacted the collided car (tank wagon), with a mass of 90t. Both vehicles were equipped with category A buffers, according to the norms of the European railways, UIC 526-1 [3].

During the trials, the following parameters were determined:

- $v$  [km/h] – velocity of the colliding car;
- $F_1$  [kN] and  $F_2$  [kN] – forces transmitted during impact;
- $D_1$  [mm] and  $D_2$  [mm] – contractions of the buffers of the collided car;
- $Acc1$  [g] – acceleration of the collided car;
- Stresses  $\sigma$  [N/mm<sup>2</sup>] for linear transducers and von Mises stresses [N/mm<sup>2</sup>] for rose type transducers, denoted by R in the following.

In the tables showing the experimental results, for linear transducers 116 and 118, the values written in italic and bold represent relative deformations determined experimentally in [ $\mu\text{m}/\text{m}$ ].

The collision trials had two phases:

1. Preliminary trials conducted at increasing collision velocities, from 6,71÷12,01 km/h, in order to determine the areas with the highest strains. The results of these trials are shown in tables 2 and 3.

2. Endurance testing at a velocity of approximately 12 km/h, in a series of 40 collisions. The results of these trials are shown in tables 4 and 5.

Figures 5, 6 and 7 show the parameters  $F_1$ ,  $F_2$ , and the acceleration  $Acc1$  for one of the collisions. Figure 8 shows an area of a studied stress concentrator.

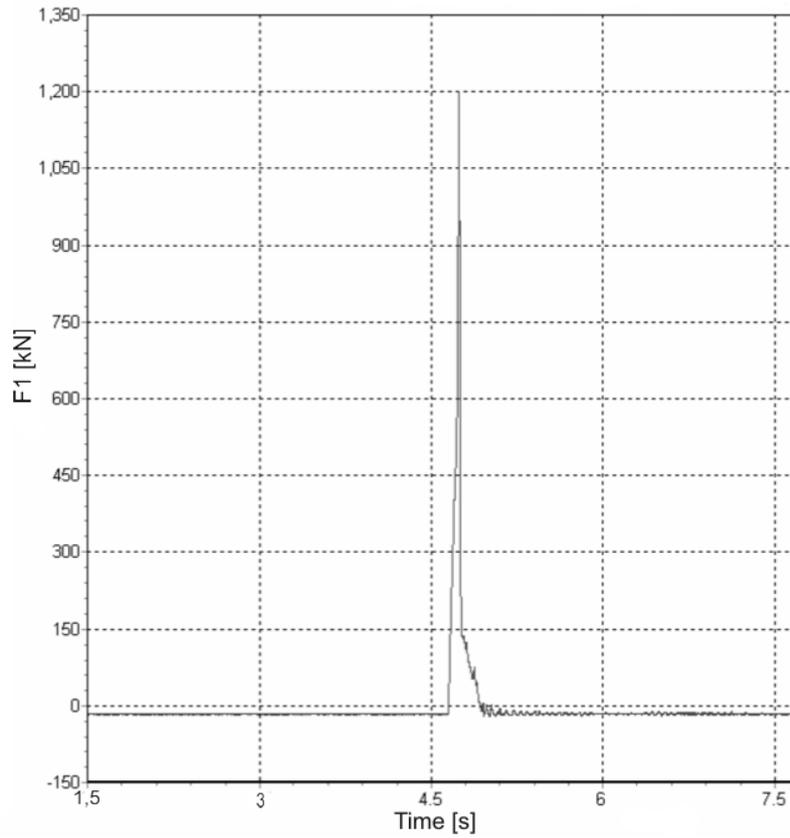


Figure 5 – Variation of force F1 as a function of time during the collision process – loaded car

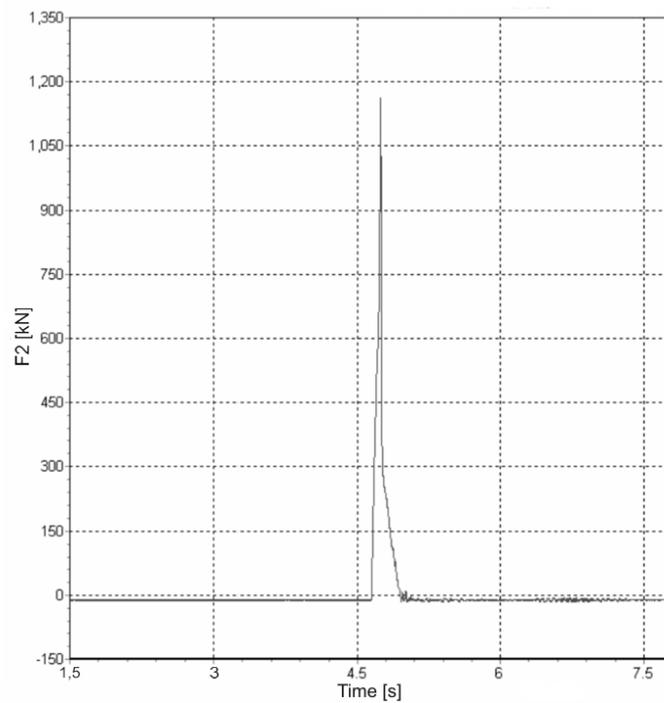


Figure 6 – Variation of force F2 as a function of time during the collision process – loaded car

Table 2.

TER	SV	Velocity [km/h]									
		6,71	7,39	8,5	9,02	9,02	9,16	10,3	11,04	11,2	12,01
<b>101</b>	-6	-106	-112	-122	-118	-110	-116	-120	-148	-172	-258
<b>0101</b>	-7	-114	-124	-124	-120	-134	-142	-146	-176	-194	-286
<b>102</b>	-9	-108	-114	-122	-126	-122	-116	-126	-144	-148	-228
<b>103</b>	-9	20	27	31	32	35	35	39	50	52	94
<b>104</b>	-4	26	32	36	40	39	40	44	52	57	92
<b>105</b>	4	18	21	24	25	25	27	28	29	30	44
<b>116</b>	-97	-224	-226	-274	-286	-295	-319	-323	-339	<b>-1664</b>	<b>-2028</b>
<b>118</b>	69	182	193	220	245	252	278	280	297	301	<b>1734</b>
<b>117</b>	-4	-62	-77	-74	-77	-75	-79	-80	-93	-100	-170
<b>0117</b>	-2	-60	-68	-74	-75	-78	-79	-81	-90	-94	-167
<b>F1 [kN]</b>		339	370	435	457	463	465	532	596	602	1224
<b>F2 [kN]</b>		421	458	522	544	542	551	620	681	687	1158
<b>D1 [mm]</b>		58	64	74	78,5	79	80	90	97	98	105
<b>D2 [mm]</b>		57	63	73	77,5	78	79	89	96	97	104
<b>Acc1 [g]</b>		1,87	2,16	2,35	2,61	2,61	2,66	3,19	3,46	3,46	6,32

Table 3.

Velocity [km/h]	6,41	7,43	8,59	9,5	10,4	11,04	12,02
Transducer							
R1	48	50	53	54	57	60	73
R3	72	77	94	112	114	116	174
R4	191	209	234	241	256	281	372
R5	157	166	178	185	192	206	265
R11	97	103	109	121	124	122	140

Table 4.

Velocity [km/h]		11,92	11,92	12,04	12,03	Rezidual Deformation	11,92	Rezidual deformation
TER	S.V.	Coll. 1	Coll. 10	Coll. 20	Coll. 30	[‰]	Coll. 40	[‰]
101	-6	-258	-266	-280	-278	0,07	-274	0,07
102	-9	-193	-194	-243	-240	0,19	-221	0,19
103	-9	66	40	52	60	0,02	53	0,02
104	-4	124	111	95	93	0,06	88	0,06
116	-97	<b>-1501</b>	<b>-1883</b>	<b>-2021</b>	<b>-1996</b>	<b>0,3</b>	<b>-1891</b>	<b>0,3</b>
118	69	<b>1707</b>	<b>1859</b>	<b>2058</b>	<b>1961</b>	<b>0,27</b>	<b>1961</b>	<b>0,27</b>
117	-4	-203	-217	-266	-252	0,02	-231	0,02
F1 [kN]		1266	1214	1273	1208		1234	
F2 [kN]		1234	1159	1231	1110		1156	
Acc [g]		6,5	6,3	6,6	6,3		6,3	

Table 5.

Coll. No.	1	10	20	30	Rezidual Deformation	40	Rezidual Deformation
Velocity [km/h]	11,92	11,92	12,04	12,03	[‰]	11,92	[‰]
R3	222	217	221	210	0,07	215	0,07
R4	393	394	379	395	0,3	386	0,3
R5	240	215	181	183	0,13	172	0,13



Figure 8 – Studied stress concentrator area

#### 4. Conclusions

Following the study conducted, the following conclusions can be drawn:

1. The theoretical Finite Element computation is a support and offers important information in regards to the dangerous (most strained) areas that need to be investigated experimentally.

2. The collision shock trial confirms the positive response of the studied structure to the loads that appear in use, since at all measurement points for the relative deformations and stresses, there were no recorded permanent deformations that exceeded the value of 2‰ according to ERRI B12 Rp17 ed. 8.

*References:* [1] Copaci I., Olaru S., Tănăsioiu A. – "Fatigue Resistance and Lifespan of Railway Vehicle Bearing Structures Under Random Strains", The Knowledge Based Organization, Applied Mechanics, Military Technical Systems and Technologies Conference, pag. 218-225, "Nicolae Bălcescu" Land Forces Academy, Sibiu, Noiembrie 2007, ISSN 1843-6722. [2] Mănescu T., Copaci I. Et.al. – "Tensometria electrică în cercetarea experimentală", Editura Mirton, Timișoara, 2006. [3] Sebeșan I., Copaci I. – "Teoria sistemelor elastice la vehiculele feroviare", Editura Matrix, București, 2008 [4] Tănăsioiu A., Copaci I. – "Study on the Shock Caused by Collision of Railway Vehicles", International Journal of Mechanics, ISSN 1998-4448, pag. 67-76, [www.naun.org/journals/mechanics](http://www.naun.org/journals/mechanics). [5] Copaci I., Mănescu T., Olaru S., Creangă F. – "Rezistența la solicitări variabile carea par în exploatarea vehiculelor feroviare", Editura Mirton, Timișoara, 2005.

**TĂNĂSOIU A.**, “Aurel Vlaicu” University, Arad, Romania  
**COPACIU I.**, “Aurel Vlaicu” University, Arad, Romania  
**NICOLA A.**, University of Petrosani, Romania

## ON THE BUFFING PROCESS CAUSED BY THE SHOCK THAT APPEARS IN THE USE OF RAILWAY VEHICLES

The paper presents an experimental study on the appreciation of the values of forces that strain the bearing structures of railway vehicles during the shock caused by collision. For this purpose, a force transducer was designed and executed that measures force on three orthogonal directions, which was inserted on the king-pin bearing beam of the railway car's bogie. The theoretical computation methods for the forces that appear on the car during the shock caused by collision were verified through experimental measurements, with the resulting conclusions.

### 1. Theoretical Considerations

During the shock caused by collision, the longitudinal force  $F$ , applied through the shock insulators (buffers, central coupling dampeners) acts on the vehicle. At the same time, due to the accelerations transmitted to the vehicles, the following inertia forces appear [1], [2], [3], [4], [6], [8], [10] figure 1:

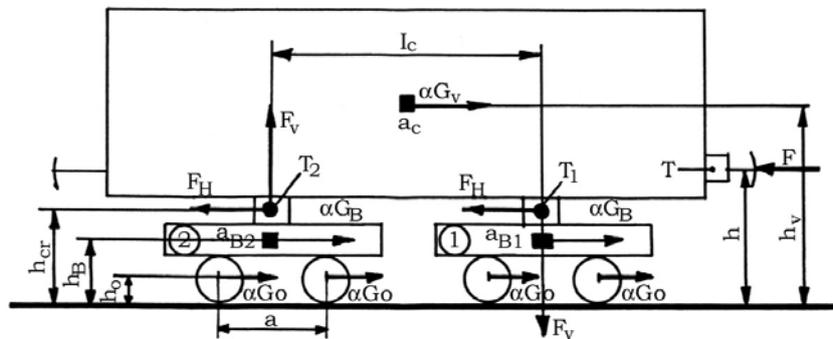


Figure 1 – Forces that act on the vehicle during the collision and transducers used for experimental determinations (T, T1, T2 – force transducers; aC, aB1, aB2 acceleration transducers)

1.  $F_{iV}$  – inertia force of the mass and weight  $G_V$  of the carbody and load of the vehicle:

$$F_{iV} = \alpha G_V \quad (1)$$

2.  $F_{iB}$  – inertia force of the mass and suspended weight of the bogie  $G_B$ :

$$F_{iB} = \alpha G_B \quad (2)$$

3.  $F_{iO}$  – inertia force of the mass and weight of the axle  $G_O$ :

$$F_{iO} = \alpha G_O \quad (3)$$

Theoretically,  $\alpha$  is considered as being a proportionality coefficient equal to:

$$\alpha = \frac{a}{g} \quad (4)$$

where:

- $a$  is the transmitted acceleration;
- $g$  is the gravitational acceleration.

The magnitude of the proportionality coefficient  $\alpha$  depends on the specific energy factor  $2\beta$ , in the sense that its values decrease with the increase of  $2\beta$ . The energy factor  $2\beta$  is defined as [4]:

$$2\beta = \frac{W_e}{E_p} \quad (5)$$

where:

- $W_e$  – potential deformation energy stored by the shock insulators (buffers, central coupling);
- $E_p$  – total stored potential deformation energy.

$$E_p = \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \frac{v^2}{a} = W_e + W_{eo} + W_{ev} + W_{eB} \quad (6)$$

where:

- $W_{e\hat{1}}$  – potential deformation energy stored by the freight;
- $W_{ev}$  – potential deformation energy stored by the bearing structure of the vehicle;
- $W_{eB}$  – potential deformation energy stored by the bearing structure of the bogies.

Thus, the equation becomes:

$$1 = \frac{W_e}{E_p} + \frac{W_{eo}}{E_p} + \frac{W_{ev}}{E_p} + \frac{W_{eB}}{E_p} \quad (7)$$

The proportionality coefficient  $\alpha$  is obviously dependent on the value of the energy factor  $2\beta$ , consequently on the quantity of potential deformation energy stored by the shock insulators that serve the purpose of diminishing the response of the considered mechanical system (transmitted acceleration and forces) to the shock caused by collision.

Figure 1 shows the inertia forces applied in their gravity centers and their distances from the railway.

The force transmitted during shock,  $F$ , is equal to:

$$F = F_{iV} + 2F_{iB} + 4F_{iO} \quad (8)$$

On each bogie there acts:

a) a horizontal component  $F_H$  and a vertical one  $F_V$  of the force that represents the reaction of the carbody in the bogie-chassis connection.

$$F_H = F_{iB} + 2F_{iO} \quad (9)$$

and:

$$F_V = \frac{F_{iV}(h_V - h) - 2F_{iB}(h - h_B) - 4F_{iO}(h - h_O)}{l_C} \quad (10)$$

where:

- $h$  is the distance of the force  $F$  from the railway;
- $h_V$ ,  $h_B$ ,  $h_O$  are the distances of the gravity centers of the carbody and freight, suspended part of the bogie and vehicle's axles from the railway;
- $l_C$  vehicle axle base.

During the shock, the first bogie is additionally loaded with the value  $F_V$ , while the second is correspondingly unloaded.

b) inertia forces applied in the axis of each beam of the bogie  $F_{iB}/2$  and in each axle box  $F_{iO}/2$ .

c) forces that represent the vertical reaction transmitted to the suspension from each wheel.

$$F_S = \frac{F_V}{4} \pm \frac{F_H(h_{Cr} - h_O) - F_{iB}(h_B - h_O)}{2a} \quad (11)$$

where:

- $h_{Cr}$  is the distance of the bogie-chassis connection in relation to the railway;
- $a$  bogie axle base.

For the vertical reaction transmitted to the suspension, the minus sign is adopted for the first and the plus sign for the second.

## 2.Experimental Testing

In order to experimentally determine the proportionality coefficient  $\alpha$  and the components  $F_H$  and  $F_V$  collision testing was conducted under the following conditions [4], [8], [9]:

1. Colliding car with mass  $m_1 = 80t$  collided a car with mass  $m_2 = 25,5t$ , resting and unbraked, at collision velocities between (6,0 - 11,6)km/h.

2. The collided car had two bogies equipped with specially constructed force transducers, of own design [2], [5], [7], [11] fig. 2, mounted on the king-pin beam, fig. 3 and fig. 4. The force transducers  $T_1, T_2$ , which measure the force on three orthogonal directions, were placed in such a manner as to determine the forces on the longitudinal direction  $F_{H1}, F_{H2}$ , and vertical  $F_{V1}, F_{V2}$ , of the first and second bogie.

3. Figure 2 shows the used transducers.



Figure 2 – Force transducer for three orthogonal directions



Figure 3 – Moment from the assembly of the force transducer in the king-pin bearing beam



Figure 4 – Moment from the assembly of the force transducer in the king-pin bearing beam

For example, for the case of the collision at velocity  $v=11,6\text{km/h}$  the determined parameters were:

- force transmitted through buffers  $F = 1060,5\text{KN}$ ;
- longitudinal acceleration of bogie 1 and 2  $a_{B1} = 6,01\text{g}$  and  $a_{B2} = 6,31\text{g}$ , respectively;
- acceleration of the carbody  $a_C = 6,15\text{g}$ ;
- vertical component of bogie 1 and 2  $F_{V1} = 135\text{KN}$ ;  $F_{V2} = 80\text{KN}$ , respectively;
- horizontal component of bogie 1 and 2  $F_{H1} = 160\text{KN}$ ;  $F_{H2} = 100,8\text{KN}$ , respectively.

### 3. Conclusions

1. From the measurements of the longitudinal accelerations of the bogies, the proportionality coefficient results as  $\alpha_{B1}=6,01$  for the first bogie, and  $\alpha_{B2}=6,31$  for the second. Since the weight of the bogie was  $G_B=4550\text{kg}$ , the values of the horizontal forces result as  $F_{H1}=273,4\text{KN}$ , and  $F_{H2}=287,0\text{KN}$ .

2. The experimentally determined values, using the force transducers  $T_1$  and  $T_2$ , for the horizontal components  $F_{H1}$  and  $F_{H2}$  are significantly lower than those resulting from using the proportionality coefficients  $\alpha_{B1}$  and  $\alpha_{B2}$  determined by measuring the accelerations on the longitudinal direction  $a_{B1}$  and  $a_{B2}$ . It is observed that  $F_{H1} > F_{H2}$ .

3. The values of the vertical forces determined experimentally, confirm the supplementary vertical loading of the first bogie by  $F_{V1}=135\text{KN}$  and the almost complete unloading of the second bogie by  $F_{V2} = - 80\text{KN}$ .

4. Using the proportionality coefficients  $\alpha_{B1}$ ,  $\alpha_{B2}$  of the bogies, and  $\alpha_C=6,15$  of the carbody, the vertical component  $F_V = 58,24\text{KN}$  was determined using equation (10). A large difference is observed between the values of the vertical forces measured experimentally with force transducers and the values determined with the proportionality coefficients  $\alpha_{B1}$ ,  $\alpha_{B2}$  and  $\alpha_C$ .

5. The proportionality coefficient, theoretically accepted as being the ratio between the acceleration transmitted to the vehicle and the gravitational acceleration, can not be used under this form for the theoretical computations of the forces  $F_H$ ,  $F_V$ ,  $F_{iV}$ ,  $F_{iB}$ ,  $F_{iO}$ ,  $F_S$ ,  $F$ .

6. Experimentally, a superior loading is observed vertically  $F_{V1}$  and horizontally  $F_{H1}$ , for bogie 1. Bogie 2, upon application of the force transmitted to the car,  $F$ , during collision, has the tendency to completely unload vertically, being necessary to investigate the behaviour of the bogie-chassis connection for the collision of the empty car state. In this situation, the weight of the car acting on the bogie  $G_V/2$  can be cancelled by the vertical component  $F_{V2}$  that acts in the opposite direction.

7. The strains of the bearing structures of the bogies during the collision process are determined by:

- Horizontal force  $F_H$ , applied in the bogie-chassis connection;
- Vertical force  $(G_V/2 \pm F_V)$ , applied in the bogie-chassis connection;
- The moment due to the inertia forces of the suspended masses of the the bogie  $F_{iB}$  and the force  $F_H$ , which vertically load the second axle of the bogie while unloading the first one, in the support of the bogie frame on the suspension, with the value:

$$F_s^* = \pm \frac{F_H(h_{Cr} - h_o) - F_{iB}(h_B - h_o)}{2a} \quad (12)$$

8. The strains of the resistance structure of the carbody during the collision process are determined by:

- Weight of the carbody and freight  $G_V = G_C + G_f$ ;
- force  $F$  transmitted through the shock insulators to the carbody;
- inertia force  $F_{iV}$  due to the weight of the carbody  $G_C$  and the transported freight  $G_f$ ;
- forces  $F_H$  and  $F_V$ , applied in the bogie-chassis connection.

Further studies will establish the dependency relationship between the proportionality coefficient  $\alpha$  and the energy factor  $2\beta$ .

References: [1] Burada C. ; Buga M. et. al. Elemente și structuri portante ale vehiculelor de cale ferată. Editura Tehnică , București - 1980. [2] Copaci I. – Contribuții asupra comportării structurilor vagoanelor la solicitările provocate de șocul longitudinal produs la tamponare. Conducător Științific: Prof. univ. dr. ing. Hoancă Vasile, Universitatea „Politehnica” Timișoara, 200 pg., 1996. [3] Copaci Ion, Bălaș Marius, The study upon the transmitted forces and stresses which appear during the freight car buffing, 7th Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies “VSDIA 2000” ISBN 963-420-704-9, 6-8.11.2000, Budapest, Hungary, pag. 211-218. [4] Sebeșan I. Copaci I. – „Teoria sistemelor elastice la vehiculele feroviare” Editura Matrix Rom, București, 2008, 445 pagini, ISBN 978-973-755-372-0. [5] Copaci Ion, Bocîi Liviu Sevastian, Determinarea experimentală prin metoda tamponării vehiculelor feroviare a caracteristicilor dinamice ale amortizoarelor cuplei centrale, Analele Universității “Aurel Vlaicu” din Arad 2000, seria Mecanică, Fascicola: Rezistența materialelor, Material Rulant de Cale Ferată ISSN 1582-3407, pag. 69-78. [6] Tănăsioiu Aurelia – Asupra rezistenței și fiabilității amortizorului ce echipează aparatul de tracțiune a vagoanelor de călători, Sesiunea de comunicări științifice cu participare internațională „Cercetare științifică și educație în forțele aeriene”, pag. 410 – 417, AFASES – 2008 Brașov 16 – 17 mai, [7] Copaci Ion, Bocîi Liviu Sevastian, Sârb Mihai, Determinarea experimentală a forței longitudinale la vehiculele feroviare echipate cu cuplă centrală, The First International Railway Vehicles Symposium, 25-26 november 2005, Bucharest, ISBN 973-755-038-2, pag.109-112. [8] Copaci Ion, Tănăsioiu Aurelia, Olaru Stelian, Potoceanu Alexandru - Vehicle-Railway Interaction, - Buletinul Științific al Universității „Politehnica” din Timișoara, Seria Mecanică, Tom 52 (66), Fasc. 7, pag. 139 - 143 ISSN 1224-6077, 2007. [9] Copaci Ion, Bocîi Liviu Sevastian, Bele Ioan, Olaru Stelian, Asupra comportării în exploatarea vagoanelor de marfă la solicitările de șoc ce apar datorită tamponării, Lucrările științifice ale simpozionului multidisciplinar “Universitaria ROPET 2004”, Ingineria Mecanică, 15-16 octombrie 2004, Petroșani, ISBN 973-8260-69-8, pag. 31-36. [10] Copaci I., Olaru S., ș.a. “Rezistența la solicitări variabile ce apar în exploatarea vehiculelor feroviare”- Editura Mirton, Timișoara 2005; 232 pagini, ISBN 973-661-708-4. [11] "Dinamometru pentru măsurarea forțelor de așchiere la prelucrarea cu scule de tip ascuțit " Invention Patent nr. 86.897/ 1985 , I.V.Arăd.

UDK 621.91

*G. BALLA*, PhD Student, University of Miskolc, Hungary

## **THE HUMAN RESOURCE AS A TOOL IN TECHNOLOGICAL SYSTEMS FOR THE DEVELOPMENT OF SPATIAL ECONOMIC STRUCTURE**

This publication reviews the relationship between the spatial economic structure of the microregions and the human development index, one of the most important indicators for the spatial social structure in the Northern Hungarian region. I have determined the share of foreign working capital as a percentage of the total subscribed capital of the companies operating in the microregions in the North Hungarian region. I compared this data to the HDI index. On the basis of the study it can be stated that the more developing a microregion is, the higher the human development indices in the particular microregion and if in a microregion the human development indices are high, the microregion is more attractive for the inflow of foreign capital.

Key words: spatial economic structure ,spatial social structure, human development index, microregion, development

### **Introduction**

To develop the economy of regions it is important for us to learn which factors and to what extent have an impact on the economic development of a region.

For the sake of comparing regions it is practical to characterise the economic situation of the region by the indicators of the spatial economic structure.

The spatial economic structure of the region or the microregions of the region depends to a great extent on the spatial social structure of the region or the microregions of the region.

This publication reviews the relationship between the spatial economic structure of the microregions of the Northern Hungarian region and the human development index, one of the most important indicators for the spatial social structure thereof.

### **Indicators for the spatial structure**

In the work [2] and [5] the spatial structure means the summary of territorial relations and processes. The discussion of the relations within the spatial structure contains the summary of the decisive processes in the territory.

Spatial structure does not only mean the territorial scope of economic and social processes and a summary thereof but also represents in a spatial structure the variety, internal structure, interaction, mutual determination and controversies of processes going on in the various territorial units.

The spatial structure is a scheme built of spatial elements and the spatial relations among them, a real phenomenon, the interpretation and description whereof being substantially determined by the mode and views of the approach.

We can establish on the basis of Hungarian technical literature that there may be many indicators for the spatial structure.

The contents of the spatial structure are varied but they can be examined in a complex way, too. The basis for examining the spatial structure is provided by numerical information and data relating to the territorial units.

The most important types of processes for the generation of complex indicators are as follows:

- Rank number method: This is the simplest method both from a theoretical and a practical point of view.

- From a given “n” number of ordinary or such indicators (rankings) as have been made ordinary, a complex indicator can be generated by the addition thereof. In such a case we will regard such region as having the most favourable situation as has the lowest total of the rank numbers.

- Complex indicator Bennett: In this process the particular values of each indicator are expressed as a percentage of the maximum of the given indicator. The non-weighted arithmetical average of these values result in a complex indicator the values whereof fall theoretically in the range 0 to 100. It is very rarely for the value of a complex indicator to reach 100 where the value of the same territorial unit is the most favourable, that is, maximal for each indicator studied. In practice, the theoretically possible minimum, that is 0, can also rarely be observed.

- Factor analysis: In deploying this method, we generate such independent factors out of the linear combination of the variables to be analysed as explain the biggest possible portion of the total variances of the original variables. This operation is advantageous for us because – at the expense of some lost information – the many separated variables are united to form fewer groups of indicators comprising factors whereby it is easier to handle and interpret the system. The factor weights in the resulting factor matrix refer to the extent the particular variable takes part in forming the particular factors. In the process, the original variables are standardised during which they lose their unit of measure and dimensions, that is, they hence become comparable without limitation. Beside this,

a common feature of standardised variables is that their arithmetic average will exactly equal zero and their dispersion will be 1. Consequently, the average of the factor values belonging to the factor values will also be zero and their dispersion will be one. The factors have absolutely no correlation with each other.

In examining the spatial structure we can talk about spatial economic structure and spatial social structure.

### **Spatial economic structure**

Salamin [1] considered that the exploration of the spatial economic structure covers the presentation in terms of economics of various regions such as regions, counties, microregions and settlements, the display in space of their features and thereby the analysis of the spatial aspects of the economy.

The range of indicators to be used for exploring the spatial economic structure is rather limited, which means, that practically data broken down by territory only are available, a number of data are available on a county level only and an additional problem is the limitation of the possibility to express numerically the spatial aspects of the economy.

We explore the quantitative and qualitative characteristics of the spatial structure of the economy, whereby complex indicators need to be assigned to the spatial structure; however, the absolute and relative numbers cannot be incorporated in them at the same time.

In the following evaluation of the spatial economic structure from the aspects of area development, the indicators used by VÁTI [6] in the year 1998 are presented.

The area studied is 28 microregions in the Northern Hungarian region and the territory level of the study is that of the microregion.

According to the combined analysis of status and changes of the 10 indicators used for the study, one can distinguish among 5 types of regions having a different path of development, and the particular microregions were classified by the use of the factor analysis method in 5 types according to their status of development and changes in their status:

- Dynamically developing regions,
- Developing regions,
- Emerging regions,
- Revitalising regions,
- Stagnating regions.

Table 1 contains the classification of the Northern Hungarian region according to the above region types and one of the most important indicators of the 10 indicators for foreign capital investment, that is, the share of foreign working capital as a percentage of the total subscribed capital.

Table 1 – The key economic indicator of the microregions of the Northern Hungarian region

Microregion	Region type	Foreign capital as % of the subscribed capital
Borsod-Abaúj-Zemplén megye		
Bodrogközi	Stagnating region	11-30
Sátoraljaújhelyi	Stagnating region	11-30
Sárospataki	Stagnating region	11-30
Abaúj-Hegyközi	Stagnating region	0-10
Tokaji	Stagnating region	11-30
Szerencsi	Stagnating region	11-30
Szikszoói	Stagnating region	0-10
Encsi	Stagnating region	0-10
Edelényi	Stagnating region	0-10
Miskolci	Developing region	31-50
Tiszaújvárosi	Dynamically developing region	51-91
Mezőcsáti	Dynamically developing region Emerging region	11-30
Mezőkövesdi	Emerging region	11-30
Kazincbarcikai	Stagnating region	11-30
Ózdi	Revitalising region	31-50
Heves megye		
Egri	Developing region	31-50
Gyöngyösi	Developing region	51-91
Füzesabonyi	Emerging region	0-10
Hatvani	Developing region	31-50
Hevesi	Stagnating region	0-10
Pétervásárai	Developing region Revitalising region	31-50
Bélapátfalvai	Developing region	31-50
Nógrád megye		
Balassagyarmati	Revitalising region	11-30
Salgótarjáni	Stagnating region	11-30
Rétsági	Revitalising region	51-90
Pásztói	Revitalising region	31-50
Bátonyterenyei	Revitalising region	31-50
Szécsényi	Stagnating region	11-30

### **Spatial social structure**

Human resources comprise individual skills and endowments belonging to the individual immanently but remaining partly unutilised or unused in the given structure of economic conditions.

Others hold that human resources are to be understood as the knowledge, abilities and behaviour of subordinates and managers and what they regard as valuable.

The quality and availability of human resources determine to a great extent the competitiveness of a region.

HDI, the human development index, one of the most important indicators of the indices characterising the human resources of the Northern Hungarian region is presented below.

According to the KSH [4] the value of HDI is constituted by the arithmetic average of three indices. Each of them is generated by projecting the numerical values between 0 and 1. Before, the values 0 and 1 were constituted by the two extreme figures, however, for the sake of comparison on a yearly basis, (rather voluntarily) fix values were determined: 25 and 85 years for life expectancy, 100 and 40 000 USD for GDP where logarithmical conversion is used, while 0 and 100% for the literacy rate and the gross enrolment ratio.

The three indices are as follows:

- life expectancy index:

$$\frac{LE - 25}{85 - 25} \quad (1)$$

- education index:

$$\frac{2xALI + GEI}{3} \quad (2)$$

- GDP index:

$$\frac{\log(GDP_{pc}) - \log(100)}{\log(40000) - \log(100)} \quad (3)$$

Where:

LE = Life expectancy,

ALI = Adult literacy rate,

GEI = Combined gross enrolment ratio,

GDP<sub>pc</sub> = GDP per capita at purchasing power, in dollar.

HDI values published by KSH [3] in the year 2002 regarding the microregions of the Northern Hungarian region are set out in Table 2.

Table 2 – HDI values regarding the microregions of the Northern Hungarian region

Microregion	HDI value
Borsod-Abaúj-Zemplén megye	
Bodrogközi	No data
Sátoraljaújhelyi	0,321
Sárospataki	0,337
Abaúj-Hegyközi	No data
Tokaji	No data
Szerencsi	0,313
Sziksói	0,286
Encsi	0,212
Edelényi	0,182
Miskolci	0,566
Tiszaújvárosi	0,480
Mezőcsáti	No data
Mezőkövesdi	0,402
Kazincbarcikai	0,498
Ózdi	0,304
Heves megye	
Egri	0,668
Gyöngyösi	0,609
Füzesabonyi	0,386
Hatvani	0,532
Hevesi	0,246
Pétervásárai	0,392
Bélapátfalvai	No data
Nógrád megye	
Balassagyarmati	0,520
Salgótarjáni	0,515
Rétsági	0,469
Pásztói	0,399
Bátonyterenyei	0,381
Szécsényi	0,296

## Relations between the spatial economic structure and human resources

According to the previous data, which are almost concurrent for the purposes of this study, Figure 1 shows the relation between HDI and the region type in relation to the Northern Hungarian region.

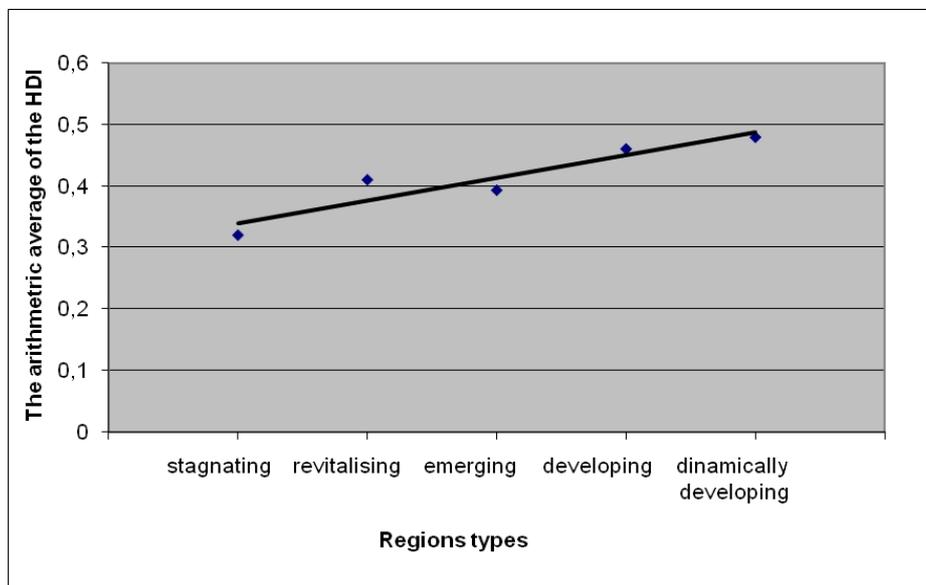


Figure 1 – Relation between HDI and region types

Pursuant to the straight linear trend as per Figure 1, it can be established that the region type and the value of HDI are essentially in direct proportion to each other, that is, the more dynamically the microregion is developing, the higher the value of the HDI.

According to the previous data, which are almost concurrent for the purposes of this study, Figure 2 shows the relation between HDI and the foreign capital.

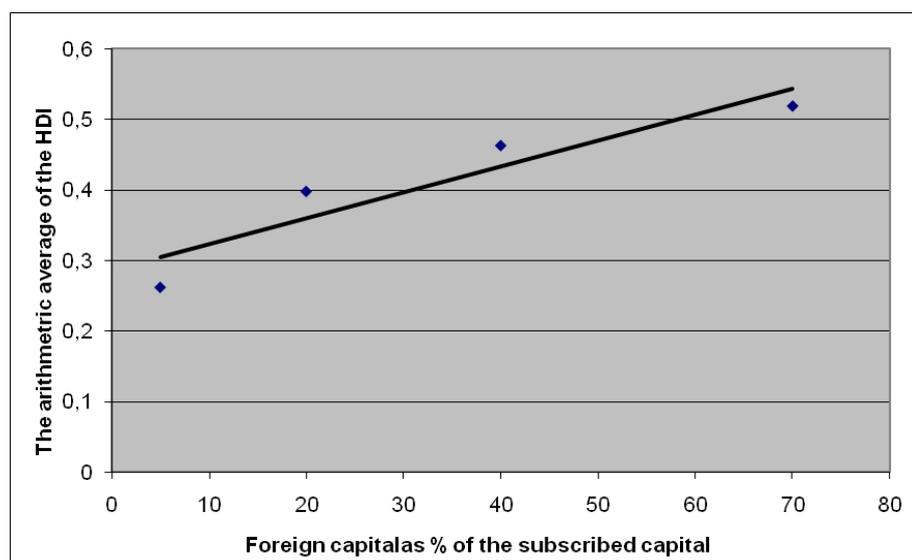


Figure 2 – Relation between HDI and foreign capital

Pursuant to the straight linear regression line as per Figure 2, it can be established that the two indicators are essentially in direct proportion to each other, that is, the higher the extent of foreign capital investments, the higher the value of the HDI.

### **Summary**

Relations between the spatial economic structure and the human development index of the microregions of the Northern Hungarian region have been examined in this publication.

On the basis of the study it can be stated that the more developing a microregion is, the higher the human development indices in the particular microregion and if in a microregion the human development indices are high, the microregion is more attractive for the inflow of foreign capital.

It can be established that where a microregion is developing more and more and the higher the presence of foreign capital in the particular microregion, the more it can develop and the higher its competitiveness.

The economic development of a microregion entails the development of human resources, too, and where human resources are on an advanced level in a region, the region becomes more attractive to the investors and thus the economy and the technological systems of the region can also start developing.

**References:** 1. Salamin, G.: Recent processes in the formation of the spatial economic structure, *Falu, város, régió, Budapest, 2004*. 2. Berey, K., Kulcsár, G.: Summarising of the report to the Parliament on area development, *Falu, város, régió, Budapest, 2000*. 3. KSH: Territorial statistical book of the year, *www.ksh.hu, Budapest, 2003*. 4. KSH: The human development index, *Statisztikai tükör, Budapest, 2006*. 5. VÁTI: Research into new dimensions facilitating the study of the spatial economic structure and the relevant methods, *VÁTI kiadvány, Budapest, 2003a*. 6. VÁTI: Situations of microregions, *www.vati.hu, Budapest, 2003b*.

**G. BALLA**, PhD student, University of Miskolc, Hungary

**CHANGES OF THE ENTERPRISE CHARACTERISTICS  
OF SPATIAL ECONOMIC STRUCTURE  
IN THE NORTH-HUNGARIAN REGION**

In this publication I analysed the tendency of the number of people employed by enterprises that operate in the counties of the North-Hungarian region and the development of the GDP produced by such enterprises according to consolidated national economic sectors.

On the basis of the analysis it can be stated that in the North-Hungarian region, and also in Hungary as a whole, the share of the manufacturing industry decreased, while the share of the tertiary industry increased. As the result of this, the possibility of the economic instability increased, because the role of industries that ensure the stability, primarily of those which are bound to place and capital equipment, diminished and the role of the easy-to-mobilise tertiary industry appreciated. Thus, on the long term the region's economic development can only be ensured by means of economic development policy inciting continuous investments.

Keywords: spatial economic structure, GDP, employed, national economic sector, North-Hungary

**Introduction**

In order to develop the regions' economy it is inevitable to be aware of which factors and to what extent influence the economic development of a region.

The economic development of a region is to a great deal subject to the enterprises operating in the given region, to the number of such enterprises, to the scope of activities, to the number of the people employed by them, to the gross added value produced by them, to the capability of the enterprises to attract foreign capital and to a number of other features. From among the features, the number of people employed by the enterprises and the shaping of such is especially important, and also the gross added value produced by the enterprises and the tendency thereof according to national economic sectors.

In the course of the analysis the national economic sectors indicated are consolidated national economic sectors, which are the following: agriculture, forestry, wildlife management, fishing collectively named as "Agriculture"; the industry and building and construction hereinafter named collectively as "Industry"; and the Tertiary sector, which is the collective name for any other national economic sectors not mentioned previously; this includes commerce, repair, accommodation, catering, transportation, warehousing, postal services, telecom-

munication, financial mediation, real estate affairs, economic services, public administration, defence, compulsory social security, education, health care, social care, other national economic sectors of community and personal service.

In this publication the change in the above characteristics of the enterprises that operate in the North-Hungarian region is analysed according to national economic sectors.

### Employment

During the past two decades one of the sharpest changes of the labour market was the change in the composition of the employed people according to national economic sectors.

Table 1 shows the changes in the distribution of the number of employed according to the consolidated national economic sectors between 1990 and 2008 in each region. (*HCSO, 1991; HCSO, 2002; HCSO, 2009*)

Table 1 – Distribution of the number of employed according to national economic sectors by regions

Regions	Agriculture (%)			Industry (%)			Services (%)		
	1990	2001	2008	1990	2001	2008	1990	2001	2008
Central Hungary	6,8	1,5	0,9	35,7	25,2	21,2	57,5	73,3	77,9
Central Dunántúl	14,7	5,2	3,6	44,6	43,4	43,8	40,6	51,4	52,6
West Dunántúl	16,5	5,6	3,5	39	40,9	38,8	44,5	53,4	57,6
South Dunántúl	19,8	8,2	5,7	35,9	32,7	30,3	44,3	59,1	64
North Hungary	13,6	4,2	3,2	45	37,3	35,2	41,4	58,5	61,6
North Alföld	21,8	7,8	4,9	35,4	32,4	31,5	42,8	59,8	63,6
South Alföld	26,5	12,5	6,1	33,5	31,6	31,5	39,9	55,9	62,3
Hungary	15,4	5,5	3,1	37,9	32,9	29,7	46,7	61,6	67,2

Source: own compilation on the basis of the HCSO data, 2011

On the basis of Table 1 it can be established that regarding Hungary, the distribution of employed between the national economic sectors significantly restructured from 1990 to 2008.

The proportion of those employed in the agricultural sector gradually decreased between 1990 and 2008, so much so that in 2008 only 3.1 percent of all employed were employed in the agricultural consolidated national economic sector.

From 1990 on – as the result of the social-economic changes – the drop-like decrease of the industrial production was accompanied by the extreme reduction of the number of employed. In 2008, the proportion of those employed in this consolidated economic sector decreased to 29.7 percent as compared to 37.9 percent in 1990.

While in 1990 46.7 percent of those employed in Hungary worked in tertiary industry-type sectors, by 2008 the tertiary sector ensured the subsistence for 67.3 percent of all the employed. From this we can see that the role of the tertiary sectors increased during not even two decades and according to the prognosis this tendency is expected to continue.

The structure of employment in North-Hungary is somewhat different as compared to the national average; however, the changes characteristic of the past decades went off in a similar way also here.

While in the North-Hungarian region in 1990 and 2001 the proportion of those employed in the agriculture was lower than the national average, this situation turned by 2008. In 2008 the proportion of those employed in the agricultural sector was 3.2 percent while the national average was 3.1 percent. Despite of this the national tendency, the North-Hungarian region also features the national tendency meaning that the proportion of those employed in the agriculture diminished during the period surveyed.

Some researchers despite of the figures do not see such negative the situation of the agriculture sector. Gábor Kovács has examined the significance of the agriculture sector and the related supplier, processing, distribution activities, collectively the agribusiness according to the datas of GDP and the employed people. And he has made the conclusion that despite of the figures, it would be a mistake to talk about crisis in the agriculture or in the agribusiness, because at the national economy at least every 7 jobs directly or indirectly linked to the agriculture, and thus the development of the service sector is making a good impact on the agriculture sector. (*Kovács, 2010*)

The industrial character of the North-Hungarian region is shown by the fact that the proportion of those employed in the industry was larger than the national average, while the proportion of those employed in the tertiary sector was always lower. However, the tendency that showed at national level is to observe also in the North-Hungarian region; namely the proportion of those employed in the industry decreased, while the proportion of those employed in the tertiary sector increased during the period between 1990 and 2008.

If we look at the reasons, the reason for this can be that other areas of the industry and the agriculture could not offer employment possibilities for the

workers of the liquidated, in majority heavy industrial plants, thus vast majority of the employed, who would have become unemployed or inactive, found employment in the tertiary sector.

Chart 1 illustrates that in the North-Hungarian region the decrease of the number of employed compared to 1990 was larger in all three national economic sectors than in Hungary as a whole. (HCSO, 1991; HCSO, 2002; HCSO, 2009)

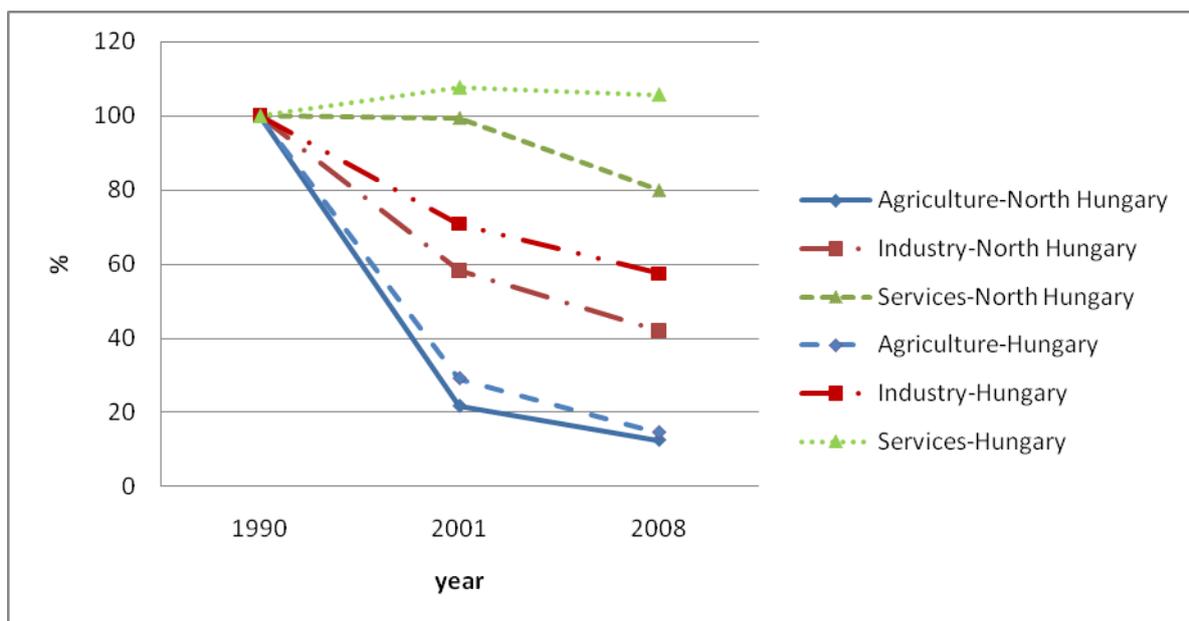


Chart 1 – Changes in the number of employed as compared to 1990

Source: own compilation on the basis of the HCSO data, 2011

Andrea Homola Mrs. Szalai conducted a similar research. In her article she examined how the sectoral structure of employment developed between 1992 and 2008, and established that there is a striking change in the tendency of the distribution of employed in a breakdown by national economic sectors. The proportion of those employed in the tertiary sector significantly increased while the proportion of those working in the agricultural and industrial sector decreased. (Mrs. Szalai, 2009) However, the analysis made by her cover only 2 years and did not show that the majority of changes already went off by 2001.

This establishment is supported by a number of studies, among others dr. János Fóti and dr. Miklós Lakatos also examined the development of employment between 1980 and 2005 according to national economic sectors, according to spatial distribution, in distribution according to age groups and also according to educational categories, and it is verified also in this study that by the end of the period, the proportion of those employed in the manufacturing sector is in-

significant as compared to those employed in the tertiary sector. (*Fóti-Lakatos, 2006*)

#### GROSS ADDED VALUE

In the followings I will examine the changes of the gross added value not discounted with the inflation, i.e. the GDP in a breakdown according to national economic sectors at regional level.

Table 2 includes the shaping of the GDP according to national economic sectors by regions, on the basis of which it can be established that in the North-Hungarian region the proportion of GDP decreased in the agricultural national economic sector, while it increased in the industrial and tertiary national economic sectors. (*HCSO, 1996; HCSO, 2002; HCSO, 2008; HCSO, 2009*)

The shaping of the GDP is inconsistent with the shaping of the number of employed in the industrial national economic sector, which is the result of the significant productivity improvement due to the considerable technological development.

Table 2 – Distribution of GDP according to national economic sectors by regions

Regions	Agriculture (Billion HUF)			Industry (Billion HUF)			Services (Billion HUF)		
	1995	2001	2007	1995	2001	2007	1995	2001	2007
Central Hungary	36,9	69,6	69,8	480,3	1358,8	2266,8	1428,6	4382,8	7923,1
Central Dunántúl	43,6	82,6	104,9	188,3	610,7	1075,3	251,7	671,8	1043,5
West Dunántúl	47,7	69,2	109,3	190,4	586,3	921,9	254,9	707,6	1089,2
South Dunántúl	53,3	103,6	120,8	112,7	279,1	385,8	227,3	574,9	916,3
North Hungary	39,9	58,8	72,3	166,0	427,1	692,2	246,1	600,6	960,5
North Alföld	77,7	142,7	173,9	151,2	415,8	614,4	306,4	787,7	1282,2
South Alföld	93,5	165,2	213,3	160,8	365,5	529,9	304,4	733,2	1190,8
Hungary	392,6	691,7	864,3	1449,7	4043,3	6486,3	3019,4	8458,6	14405,6

Source: own compilation on the basis of the CSO figures, 2011

Chart 2 illustrates that in the North-Hungarian region the increase of GDP compared to 1995 was in all three national economic sectors smaller than in Hungary as a whole. (*HCSO, 1996; HCSO, 2002; HCSO, 2008; HCSO, 2009*)

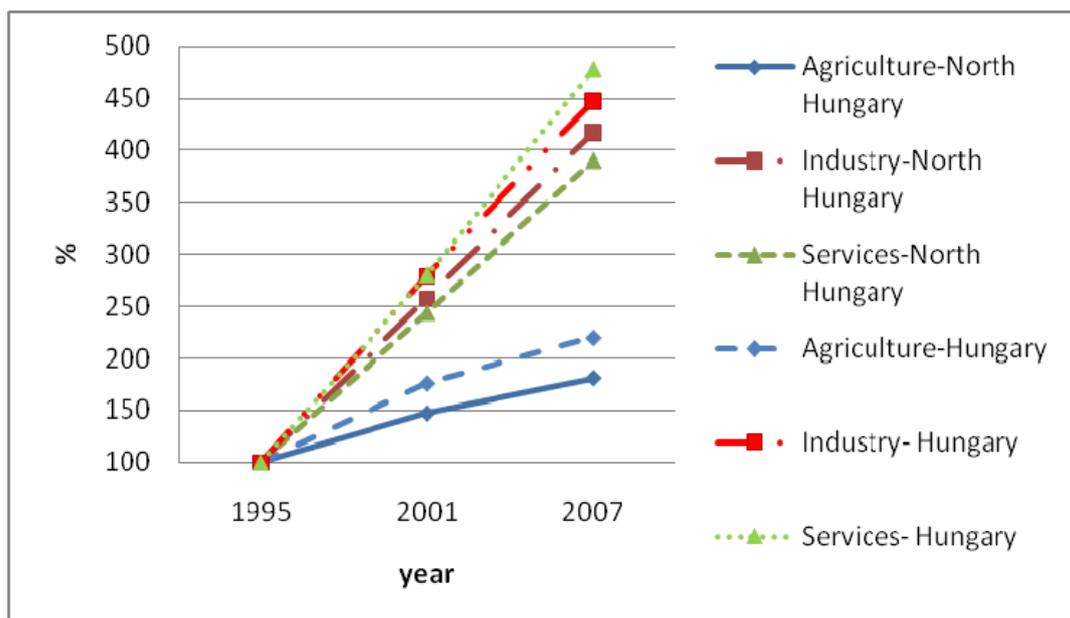


Chart 2 – Changes of the GDP compared to 1995

Source: own compilation on the basis of the HCSO data, 2011

In the following I will examine the annual inflation-adjusted GDP. For the calculation I use the annual inflation data of the HCSO.

Table 3 illustrates the shaping of the annual inflation-adjusted GDP according to national economic sectors by regions.

Table 3 – Shaping of the annual inflation-adjusted GDP according to national economic sectors by regions

Regions	Agriculture (Billion HUF)			Industry (Billion HUF)			Services (Billion HUF)		
	1995	2001	2007	1995	2001	2007	1995	2001	2007
Central Hungary	28,8	24,6	18,1	374,6	480,9	586,0	1114,3	1550,9	2048,3
Central Dunántúl	34,0	29,2	27,1	146,9	216,1	278,0	196,4	237,7	269,8
West Dunántúl	37,2	24,5	28,3	148,5	207,5	238,3	198,9	250,4	281,6
South Dunántúl	41,6	36,7	31,2	87,9	98,8	99,7	177,3	203,4	236,9
North Hungary	31,1	20,8	18,7	129,5	151,1	179,0	192,0	212,6	248,3
North Alföld	60,6	50,5	45,0	118,0	147,1	158,8	239,0	278,8	331,5
South Alföld	72,9	58,5	55,1	125,4	129,3	137,0	237,5	259,5	307,8
Hungary	306,2	244,8	223,5	1130,8	1430,8	1676,8	2355,4	2993,3	3724,2

Source: own compilation on the basis of the HCSO data, 2011

Chart 3 illustrates the changes of the annual inflation-adjusted GDP in all three national economic sectors in the North-Hungarian region as compared to 1995.

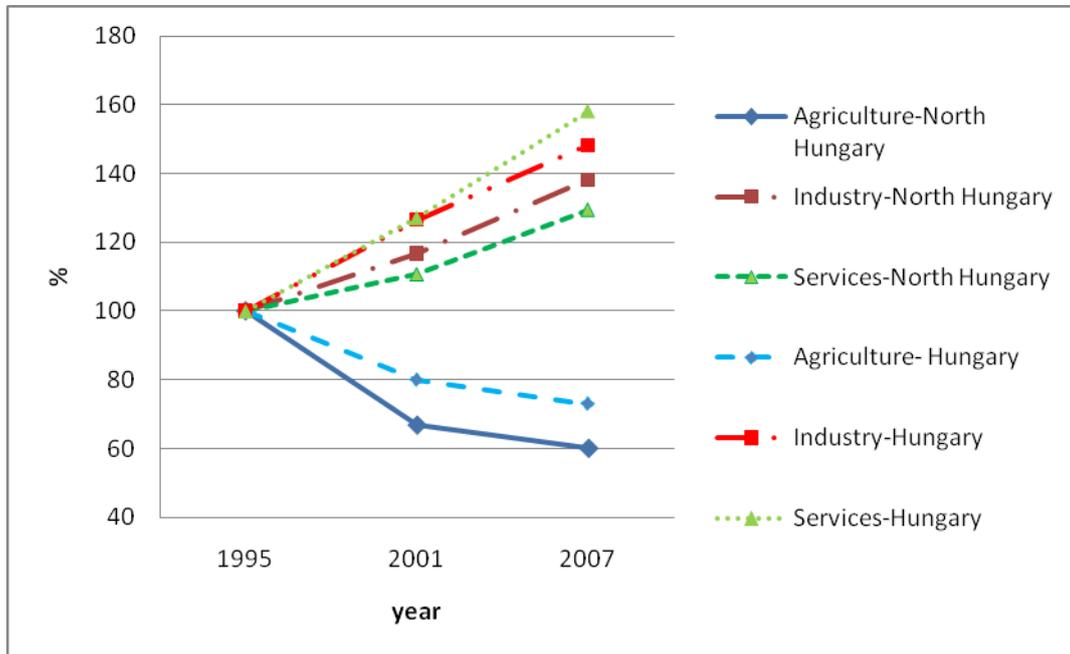


Chart 3 – Changes of the annual inflation-adjusted GDP in the North-Hungarian region as compared to 1995

Source: own compilation on the basis of the HCSO data, 2011

On the basis of chart 3 it can be established that the value of real GDP significantly decreased in the agricultural national economic sector both in Hungary and in the North-Hungarian region between 1995 and 2007, showing that the agriculture contributes to an always less degree to the primary gross income generation of the country, and the value of the produced products intended for final consumption continually decreased.

In the following I will examine the annual inflation-adjusted GDP per capita. For the calculation I use the annual inflation data of the HCSO.

Table 4 illustrates the shaping of the annual inflation-adjusted GDP per capita according to national economic sectors by regions.

Chart 4 illustrates the changes of the annual inflation-adjusted GDP per capita in all three national economic sectors in the North-Hungarian region as compared to 1995.

On the basis of chart 4 it can be established that not only the production capacity of the agricultural sector decreased, but also the efficiency of production dropped very significantly as opposed to the production efficiency improvement of the industry and the tertiary sector.

Table 4 – Shaping of the annual inflation-adjusted GDP per capita according to national economic sectors by regions

Regions	Agriculture (Thousand HUF/capita)			Industry (Thousand HUF/capita)			Service (Thousand HUF/capita)		
	1995	2001	2007	1995	2001	2007	1995	2001	2007
Central Hungary	9,9	8,7	6,3	129,0	169,8	204,0	383,8	547,8	713,0
Central Dunántúl	30,4	26,1	24,5	131,5	192,8	251,0	175,8	212,1	243,6
West Dunántúl	37,2	24,4	28,3	148,5	206,7	238,5	198,8	249,4	281,8
South Dunántúl	41,6	36,8	32,3	87,9	99,0	103,1	177,2	203,9	244,8
North Hungary	23,9	16,0	14,9	99,3	116,0	143,0	147,3	163,1	198,4
North Alföld	39,2	32,3	29,5	76,3	94,1	104,1	154,7	178,3	217,3
South Alföld	53,0	42,3	41,1	91,2	93,7	102,1	172,7	188,0	229,3
Hungary	29,9	24,0	22,2	110,4	140,3	166,6	229,9	293,5	370,0

Source: own compilation on the basis of the CSO figures, 2011

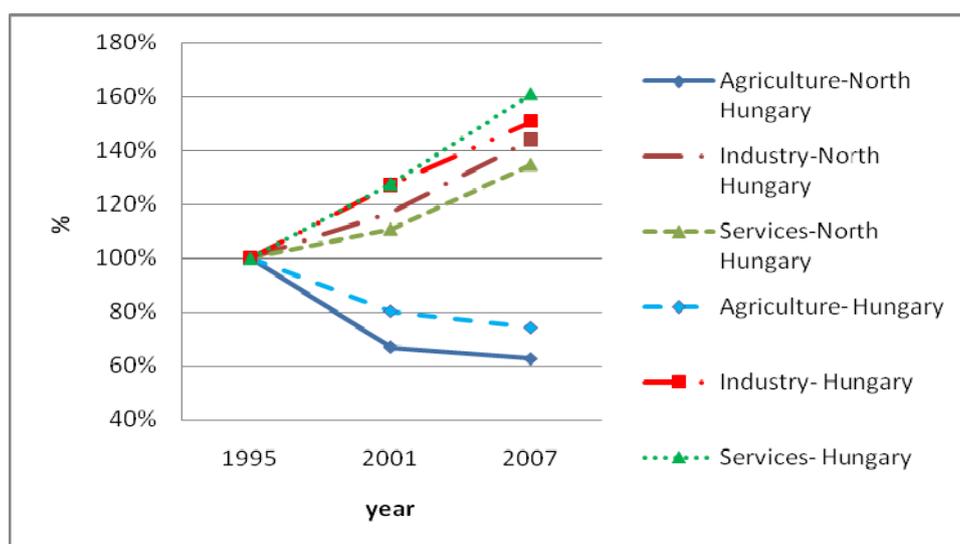


Chart 4 – Changes of the annual inflation-adjusted GDP per capita in the North-Hungarian region as compared to 1995

Source: own compilation on the basis of the HCSO data, 2011

### Summary

In this publication I analysed the tendency of the number of people employed by enterprises that operate in the counties of the North-Hungarian region and the development of the GDP produced by such enterprises according to consolidated national economy sectors, by comparing it to the changes of the Hungarian spatial economic structure.

On the basis of the analysis we can state that a similar tendency is observable concerning the shaping of both the number of employed and the GDP in a breakdown according to the consolidated national economic sectors.

In the surveyed period the proportion of people employed by enterprises operating in the agricultural and industrial consolidated national economic sectors decreased, whereas in the tertiary type sectors an increase shows.

On the basis of my study we can state that the GDP produced by enterprises grew in all three consolidated national economic sectors, however, the growth was the smallest in the agricultural consolidated national economic sector, which might be the result of the largest decrease in the number of employed.

Significant difference between the Hungarian and the North-Hungarian average was that the decrease in the number of employed was larger, while the GDP growth was smaller in the North-Hungarian region as compared to Hungary as a whole.

Concerning the annual inflation-adjusted GDP the significant loss of ground of the agricultural sector can be clearly established both in the Hungarian and the North-Hungarian spatial economic structure.

Such significant loss of ground of the agriculture may be one of the reasons of the current indebtedness of the Hungarian economy, because the GDP decrease of the agriculture couldn't be compensated by the GDP increase of the industrial and tertiary sectors to the same extent to which the state debts grew.

On the basis of the above it can be established that in the North-Hungarian region, and also in Hungary, the share of the manufacturing industry decreased while the share of the tertiary industry increased. As the result of this, the possibility of the economic instability increased, because the role of industries that ensure the stability, primarily of those bound to place and capital equipment, diminished and the role of the easy-to-mobilise tertiary industry appreciated. Thus, the region's economic development can only be ensured on the long term by means of economic development policy inciting continuous investments.

**References:** 1. HCSO (1991): Regional statistical yearbook of Hungary 1990, Budapest. 2. HCSO (1996): Regional statistical yearbook of Hungary 1995, Budapest. 3. HCSO (2002): Regional statistical yearbook of Hungary 2001, Budapest. 4. dr. J. Fóti - dr. M. Lakatos (2006): Employment and unemployment. National Employment Endowment, Budapest. 5. HCSO (2008): National Account in Hungary 1995-2007., Budapest. 6. Mrs. Szalai A. Homola (2009): About the employment in the North Hungarian region. "Területi Statisztika", 2009/5. pp. 482-497. 7. HCSO (2009): Regional statistical yearbook of Hungary 2008, Budapest. 8. G. Kovács (2010): The national significance of the agriculture. "Gazdálkodás", 2010/05, Budapest.

*P. DAŠIĆ*, SaTCIP Ltd., Vrnjačka Banja, Serbia,  
*A. P. AVDEENKO*, Kramatorsk, Ukraine

## **ANALYSIS OF THE REFERENTIAL JOURNALS WITH IMPACT FACTOR FROM SERBIA AND UKRAINE**

Science seeks to understand how nature behaves by observing and correlating available factual information. Our understanding of science is therefore based upon, and limited by, the factual information available. In order to distinguish qualitative and credible research from plagiarism and "quantitative" ones an impact factor (IF) was introduced so the readers have pre-assured information on research quality presented to them. In this paper, an analysis of referential journals with impact factor from Serbia and Ukraine for the period 2001-2010 is given.

Keywords: referential journal, impact factor (IF), journal impact factor (JIF), education.

### **1. INTRODUCTION**

Well known old adage says "It doesn't matter how high you jumped, but how much they measured". It is similar in science, "No matter how much you contributed to science, but how much they rated". In a world scale, one of the most significant contributions to science, and a main source of scientific information and means of scientific communication, are publications in reference journals indexed in known citation databases in the world. Further in the paper, there is an attempt to explain the manner of determining the journal impact factor, information about the number of journals from Serbia and Ukraine.

JIF (*Journal Impact Factor*) is a numerical value which determines journals impact factor, which is offered in serial publication JCR (Journal Citation Report) by ISI (now Thomson Scientific) institute. Based on JIF factor, grade and assessment are determined, and by that also the categorization, rank and journal quality. It is determined for every year in the beginning of next year, as an average number of citations which a journal achieves in ISI institute databases (SCI, SCI-E, SSCI, A&HCI), in course of one year, for papers published in the last two years (equation and Figure 1).

$$JIF_{2010} = \frac{A}{B} \quad (1)$$

where: A – the number of times articles published in 2008 and 2009 were cited by indexed journals during 2010 and B – the total number of "citable items"

published by that journal in 2008 and 2009 ("Citable items" are usually articles, reviews, proceedings, or notes; not editorials or Letters-to-the-Editor.)

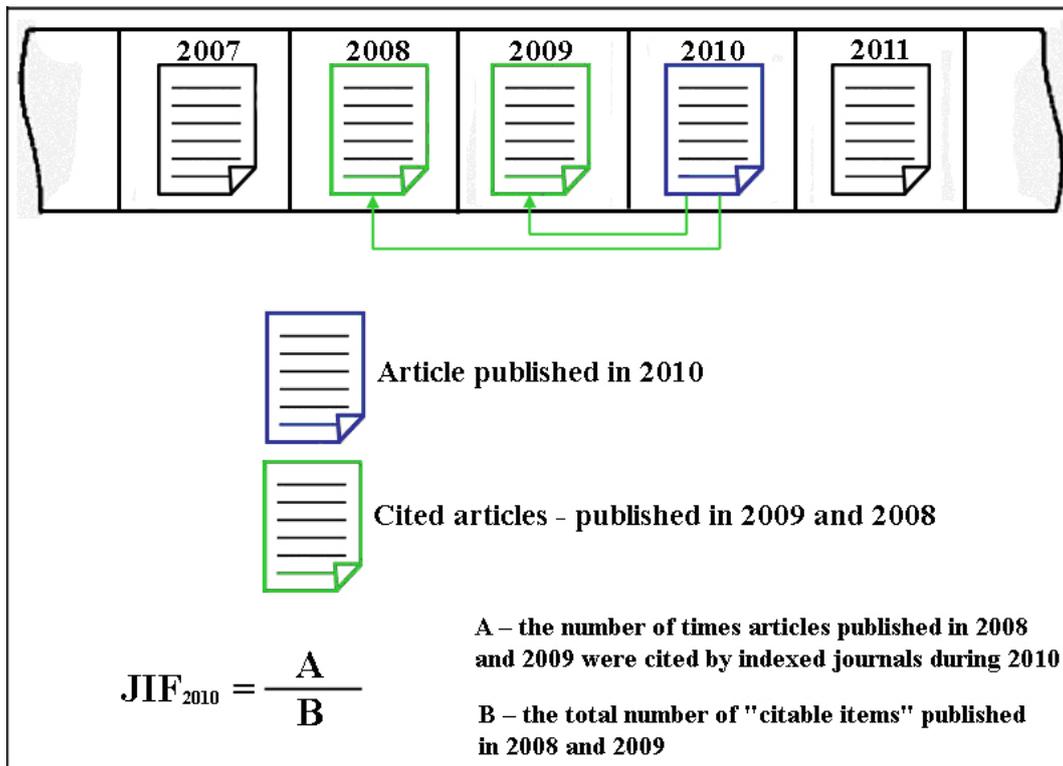


Figure 1 – Graphic display of determining journal impact factor [8, 9]

Information on journal impact factor can be found in citation databases for different areas of science which are led by Thomson Scientific Institute, such as [6-11]:

- ✓ SCI (Science Citation Index),
- ✓ SCI-E (Science Citation Index, *Expanded*),
- ✓ SSCI (Social Sciences Citation Index) and
- ✓ A&HCI (Arts & Humanities Citation Index).

Information is published in the annual Thomson Scientific Institute publications on CD-ROM or via the Internet in:

- ✓ JCR (Journal Citation Report),
- ✓ WoS (*Web of Science*).
- ✓ In the world there exist many different citation databases, such as:
- ✓ Scopus (EU),
- ✓ ProQuest CSA (SAD),
- ✓ VINITI (Russia),
- ✓ Index-Copernicus (Poland),
- ✓ IEEE Explore (USA),
- ✓ Directory of Open Access Journals (DOAJ),

✓ SCIndeks (Serbia) etc.

New journals, which are indexed from their first published issue, will receive an impact factor after two years of indexing; in this case, the citations to the year prior to Volume 1, and the number of articles published in the year prior to Volume 1 are known as zero values. Journals that are indexed starting with a volume other than the first volume will not get an impact factor until they have been indexed for three years. Annuals and other irregular publications sometimes publish no items in a particular year, affecting the count. The impact factor relates to a specific time period; it is possible to calculate it for any desired period, and the *Journal Citation Reports* (JCR) also includes a 5-year impact factor. The JCR shows rankings of journals by impact factor, if desired by discipline [12-13].

In JCR issue for 2010 journal impact factor was calculated for 10.196 science and social science journals (8.005 in SCI-E edition and 2.678 in SSCI edition, 487 journals was classified in both editions). It was total 49.000.000 references processed, which come from papers in journals and proceedings published in 2010. In JCR issue for 2010, 1.075 journals got their first impact factor (among them 8 journals from Serbia) [14-18].

## **2. INFORMATION ABOUT THE OF JOURNALS WITH IMPACT FACTOR FROM SERBIA**

From over 500 scientific-technical journals which are published in Serbia from 2004, only three had impact factor, in 2005 four journals had impact factor, in 2009 ten journals had impact factor and in 2010 eighteen journals had impact factor. Which means that in 2010 eight journal got their impact factor. Table 1 provides an overview of the journal from SCI-E lists from Serbia, with journal name, ISSN number and Web site on which a particular journal is available. And in table 2 are given the data on journal impact factor for the period 2001-2010 [9]. On figure 3 if graphically displayed journal rank according to impact factor for 2010 from Serbia. Based on Figure 3 we can see that the journal "MATCH: Communications in Mathematical and in Computer Chemistry," published by the Faculty of Science, Kragujevac has the greatest impact factor in 2010 of 3.291, and journal "International Journal of Electrochemical Science," published by the University of Belgrade, Technical Faculty from Bor, has impact factor for 2010 of 2.808, etc.

Table 1 – Tabular presentation journals with SCI listing from Serbia

No.	Journal name	ISSN	Web site
1.	Acta Veterinaria - Beograd	0567-8315	<a href="http://www.vet.bg.ac.rs/~acta/">http://www.vet.bg.ac.rs/~acta/</a>
2.	Applicable Analysis and Discrete Mathematics (AADM)	1452-8630	<a href="http://pefmath.etf.rs/">http://pefmath.etf.rs/</a>
3.	Archives of Biological Sciences	0354-4664	<a href="http://archonline.bio.bg.ac.rs/">http://archonline.bio.bg.ac.rs/</a>
4.	Chemical Industry and Chemical Engineering Quarterly (CI&CEQ)	1451-9372	<a href="http://www.ache.org.rs/CICEQ/CI&amp;CEQ.html">http://www.ache.org.rs/CICEQ/CI&amp;CEQ.html</a>
5.	Computer Science and Information Systems (ComSIS)	1820-0214	<a href="http://www.comsis.org/">http://www.comsis.org/</a>
6.	Filomat	0354-5180	<a href="http://operator.pmf.ni.ac.rs/www/pmf/publikacije/filomat/filomat_pocetna.php">http://operator.pmf.ni.ac.rs/www/pmf/publikacije/filomat/filomat_pocetna.php</a>
7.	Hemijska industrija	0367-598X	<a href="http://www.ache.org.rs/index_sr.html">http://www.ache.org.rs/index_sr.html</a>
8.	International Journal of Electrochemical Science	1452-3981	<a href="http://www.electrochemsci.org/">http://www.electrochemsci.org/</a>
9.	Journal of Mining and Metallurgy: Section B	1450-5339	<a href="http://www.jmmab.com/">http://www.jmmab.com/</a>
10.	Journal of the Serbian Chemical Society (JSCS)	0352-5139	<a href="http://www.shd.org.rs/JSCS/">http://www.shd.org.rs/JSCS/</a>
11.	MATCH: Communications in Mathematical and in Computer Chemistry	0340-6253	<a href="http://www.pmf.kg.ac.rs/match/">http://www.pmf.kg.ac.rs/match/</a>
12.	Nuclear Technology and Radiation Protection (NTRP)	1451-3994	<a href="http://ntrp.vinca.rs/">http://ntrp.vinca.rs/</a>
13.	Panoeconomicus	1452-595X	<a href="http://www.panoeconomicus.rs/">http://www.panoeconomicus.rs/</a>
14.	Psihologija	0048-5705	<a href="http://www.dps.org.rs/casopis-psihologija/">http://www.dps.org.rs/casopis-psihologija/</a>
15.	Science of Sintering	0350-820X	<a href="http://www.iiss.sanu.ac.rs/journal.htm">http://www.iiss.sanu.ac.rs/journal.htm</a>
16.	Srpski arhiv za celokupno lekarstvo	0370-8179	<a href="http://www.srp-arh.rs/">http://www.srp-arh.rs/</a>
17.	Thermal Science	0354-9836	<a href="http://thermalscience.vinca.rs/">http://thermalscience.vinca.rs/</a>
18.	Vojnosanitetski pregled (VSP)	0042-8450	<a href="http://www.vma.mod.gov.rs/vsp/">http://www.vma.mod.gov.rs/vsp/</a>

Table 2 – Journal impact factor for journals with SCI listing form Serbia

No.	ISSN	JIF <sub>2001</sub>	JIF <sub>2002</sub>	JIF <sub>2003</sub>	JIF <sub>2004</sub>	JIF <sub>2005</sub>	JIF <sub>2006</sub>	JIF <sub>2007</sub>	JIF <sub>2008</sub>	JIF <sub>2009</sub>	JIF <sub>2010</sub>	Mean
1.	0567-8315	0,047	0,096	0,048	0,146	0,149	0,081	0,143	0,167	0,179	0,169	<b>0,123</b>
2.	1452-8630										0,645	<b>0,645</b>
3.	0354-4664									0,238	0,356	<b>0,297</b>
4.	1451-9372										0,580	<b>0,580</b>
5.	1820-0214										0,324	<b>0,324</b>
6.	0354-5180										0,101	<b>0,101</b>
7.	0367-598X									0,117	0,137	<b>0,127</b>
8.	1452-3981									2,175	2,808	<b>2,492</b>
9.	1450-5339									0,548	1,294	<b>0,921</b>
10.	0352-5139	0,244	0,361	0,474	0,522	0,389	0,423	0,536	0,611	0,820	0,725	<b>0,511</b>
11.	0340-6253	0,579	0,758	0,639	1,000	0,828	2,000	2,580	3,500	3,217	3,291	<b>1,839</b>
12.	1451-3994										0,706	<b>0,706</b>
13.	1452-595X										0,078	<b>0,078</b>
14.	0048-5705									0,082	0,141	<b>0,112</b>
15.	0350-820X					0,111	0,225	0,481	0,412	0,486	0,403	<b>0,353</b>
16.	0370-8179										0,194	<b>0,194</b>
17.	0354-9836									0,407	0,706	<b>0,557</b>
18.	0042-8450										0,199	<b>0,199</b>

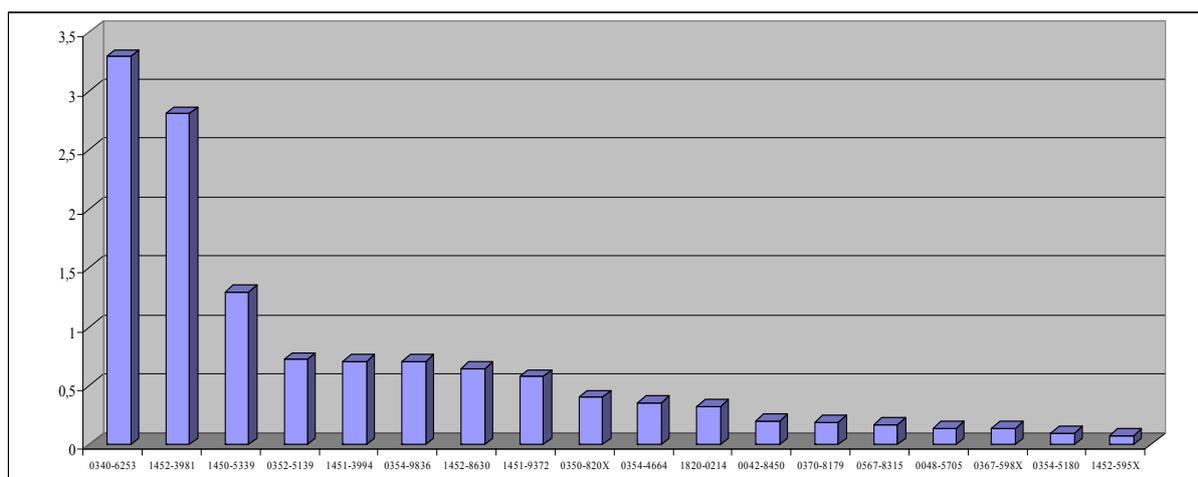


Figure 2 – Graphical display of journals ranking in 2010 from Serbia according to impact factor

### 3. INFORMATION ABOUT THE OF JOURNALS WITH IMPACT FACTOR FROM UKRAINE

From more than 600 scientific and technical journals that are published in Ukraine until 2006 only five journals had an impact factor in 2009 eight journals had an impact factor in 2010 seventeen journals had an impact factor [20]. This means that in 2010 nine journals from Ukraine received impact factor. Table 3 provides an overview of the journal from SCI-E lists from Ukraine, with journal name, ISSN number and Web site on which a particular journal is available. And in table 4 are given data on the journal impact factor for the period 2001-2010. Figure 3 graphically shows the ranking journals according to impact factor for 2010 from Ukraine. Based on Figure 3 we can see that the journal "Symmetry, Integrability and Geometry: Methods and Applications (SIGMA)," published by the Institute of Mathematics of Kyiv has the greatest impact factor in 2010 of 0.856, and journal "Condensed Matter Physics (CMP)", published by the Institute for Condensed Matter Physics - ICMP from Lviv has the greatest impact factor in 2010 of 0.800 and so on.

Table 3 – Tabular presentation journals with SCI listing from Ukraine

No.	Journal name	ISSN	Web site
1.	Condensed Matter Physics (CMP)	1607-324X	<a href="http://www.icmp.lviv.ua/journal/">http://www.icmp.lviv.ua/journal/</a>
2.	Journal of Mathematical Physics, Analysis, Geometry (MAG) (Журнал математической физики, анализа, геометрии)	1812-9471	<a href="http://jmage.ilt.kharkov.ua/mag_e.html">http://jmage.ilt.kharkov.ua/mag_e.html</a>
3.	Journal of Superhard Materials (Сверхтвердые материалы)	1063-4576	<a href="http://ism.kiev.ua/stm/">http://ism.kiev.ua/stm/</a> and <a href="http://springeronline.com/journal/11961/">http://springeronline.com/journal/11961/</a>
4.	Journal of Water Chemistry and Technology	1063-455X	<a href="http://icwc.kiev.ua/ru/about/publishing_activity/r4/r4.html">http://icwc.kiev.ua/ru/about/publishing_activity/r4/r4.html</a> and <a href="http://springeronline.com/journal/11962/">http://springeronline.com/journal/11962/</a>
5.	Kinematics and Physics of Celestial Bodies (Кинематика и физика небесных тел)	0884-5913	<a href="http://www.maik.ru/cgi-perl/journal.pl?name=kinphys&amp;lang=rus">http://www.maik.ru/cgi-perl/journal.pl?name=kinphys&amp;lang=rus</a> and <a href="http://springeronline.com/journal/11963/">http://springeronline.com/journal/11963/</a>
6.	Low Temperature Physics (Физика низких температур)	1063-777X	<a href="http://ltp.aip.org/">http://ltp.aip.org/</a>
7.	Materials Science (Фізико-хімічна механіка матеріалів)	1068-820X	<a href="http://www.springerlink.com/content/106482/">http://www.springerlink.com/content/106482/</a>
8.	Металлофизика и новейшие технологии	1024-1809	<a href="http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/mp_hnt/">http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/mp_hnt/</a>
9.	Neurophysiology (Нейрофизиология)	0090-2977	<a href="http://www.springerlink.com/content/106488/">http://www.springerlink.com/content/106488/</a>
10.	Nonlinear Oscillations (Нелінійні коливання)	1536-0059	<a href="http://www.imath.kiev.ua/~nosc/">http://www.imath.kiev.ua/~nosc/</a> and <a href="http://www.springer.com/mathematics/">http://www.springer.com/mathematics/</a>

			<a href="http://dynamical+systems/journal/11072/">dynamical+systems/journal/11072/</a>
11.	Powder Metallurgy and Metal Ceramics (Порошковая металлургия)	1068-1302	<a href="http://www.springerlink.com/content/106491/">http://www.springerlink.com/content/106491/</a>
12.	Problems of atomic science and technology (PAST) (Вопросы атомной науки и техники - ВАНТ)	1562-6016	<a href="http://vant.kipt.kharkov.ua/">http://vant.kipt.kharkov.ua/</a>
13.	Strength of Materials (Проблемы прочности)	0039-2316	<a href="http://www.springerlink.com/content/106498/">http://www.springerlink.com/content/106498/</a>
14.	Symmetry, Integrability and Geometry: Methods and Applications (SIGMA)	1815-0659	<a href="http://www.emis.de/journals/SIGMA/">http://www.emis.de/journals/SIGMA/</a>
15.	Theoretical and Experimental Chemistry (Теоретическая и экспериментальная химия)	0040-5760	<a href="http://www.springerlink.com/content/106499/">http://www.springerlink.com/content/106499/</a>
16.	Ukrainian Journal of Physical Optics	1609-1833	<a href="http://www.ifo.lviv.ua/journal/index.html">http://www.ifo.lviv.ua/journal/index.html</a>
17.	Ukrainian Mathematical Journal (Український математичний журнал)	0041-5995	<a href="http://www.springerlink.com/content/106501/">http://www.springerlink.com/content/106501/</a>

Table 4 – Journal impact factor for journals with SCI listing from Ukraine

No.	ISSN	JIF <sub>2001</sub>	JIF <sub>2002</sub>	JIF <sub>2003</sub>	JIF <sub>2004</sub>	JIF <sub>2005</sub>	JIF <sub>2006</sub>	JIF <sub>2007</sub>	JIF <sub>2008</sub>	JIF <sub>2009</sub>	JIF <sub>2010</sub>	Mean
1.	1607-324X							0,470	0,488	0,475	0,800	<b>0,558</b>
2.	1812-9471										0,265	<b>0,265</b>
3.	1063-4576										0,547	<b>0,547</b>
4.	1063-455X										0,218	<b>0,218</b>
5.	0884-5913										0,337	<b>0,337</b>
6.	1063-777X	0,619	0,767	0,700	0,592	0,769	0,622	0,955	0,780	0,662	0,625	<b>0,756</b>
7.	1068-820X	0,150	0,099	0,154	0,164	0,165	0,152	0,165	0,226	0,231	0,210	<b>0,208</b>
8.	1024-1809	0,179	0,124	0,152	0,185	0,084	0,044	0,150	0,107	0,089	0,150	<b>0,124</b>
9.	0090-2977	0,329	0,371	0,353	0,339	0,400	0,114	0,177	0,027	0,087	0,279	<b>0,143</b>
10.	1536-0059										0,158	<b>0,158</b>
11.	1068-1302	0,161	0,138	0,127	0,148	0,147	0,128	0,262	0,201	0,238	0,288	<b>0,247</b>
12.	1562-6016									0,013	0,039	<b>0,026</b>
13.	0039-2316										0,267	<b>0,267</b>
14.	1815-0659									0,789	0,856	<b>0,823</b>
15.	0040-5760										0,577	<b>0,577</b>
16.	1609-1833										0,659	<b>0,659</b>

17.	0041-5995											0,167	<b>0,167</b>
-----	-----------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-------	--------------

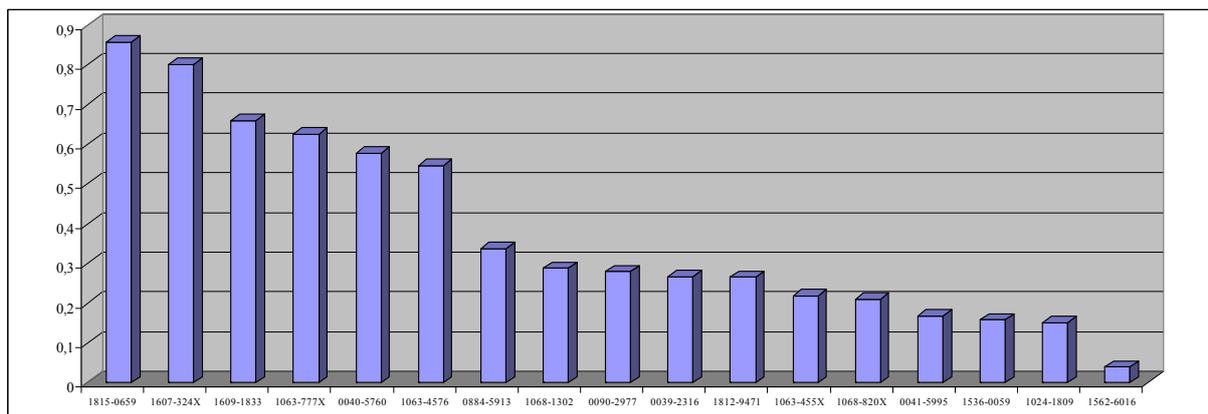


Figure 3 – Graphical display of journals ranking in 2010 from Ukraine according to impact factor

### 3. CONCLUSION

From over 500 scientific-technical journals that are published in Serbia, eighteen journals had impact factor in 2010, and eight journals have obtained impact factor in that year.

From over 600 scientific-technical journals that are published in Ukraine, seventeen journals had impact factor in 2010, and nine journals obtained impact factor in that year.

**REFERENCES:** 1. Amin, M. & Mabe, M.: Impact factors: Use and abuse. *Perspectives in Publishing*, Vol. 1 (2000), p. 1–6. 2. Anseel, F., Duyck, W., De Baene, W. & Brysbaert, M.: Journal impact factors and self-citations: Implications for Psychology journals. *American Psychologist*, Vol. 59 (2004), p. 49–51. 3. Asai, I: Adjusted age distribution and its application to impact factor and immediacy index. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)*, Vol. 32 (1981), p. 172-174. 4. Bare, J., Pennington, D. & Udo de Haes, H. A.: Life Cycle Impact Assessment Sophistication International Workshop. *Int. J. Life Cycle Assess*, Vol. 4, No. 5 (1999), p. 299-306. 5. Campanario, J.M., González, L. & Rodríguez, C.: Structure of the impact factor of academic journals in the field of Education and Educational Psychology: Citations from editorial board members. *Scientometrics*, Vol. 69, No. 1 (2006), p. 37–56. 6. Case, D.O. & Higgins, G.M.: How can we investigate citation behavior? A study of reasons for citing literature in communication. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)*, Vol. 51, Issue 7 (2000), p. 635.645. 7. Christensen, F.H., Ingwersen, P. & Wormell, I.: Online determination of the journal impact factor and its international properties. *Scientometrics*, Vol. 40, No. 3 (1997), p. 529–540. 8. Dašić, P.: Analysis of the journal

impact factor in field of economics and management. Plenary and Invitation paper. In: *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference "Economics and Management-Based on New Technologies – EMoNT 2011"*, Kladovo, Serbia, 12-15. June 2011. Vrnjačka Banja: SaTCIP Ltd., 2011, ISBN 978-86-6075-023-7. **9.** Dašić, P.: Analysis of the journal impact factor in field of mechanical engineering. Plenary and Invitation paper. In: *Proceedings of the 11<sup>th</sup> International Conference "Research and Development in Mechanical Industry – RaDMI 2011", Volume 1*, Sokobanja, Serbia, 15-18. September 2011. Vrnjačka Banja: SaTCIP Ltd., 2011, pp. 62-70. ISBN 978-86-6075-027-5. **10.** Dong, P, Loh, M. & Mondry, A.: The "impact factor" revisited. *Biomedical Digital Libraries*, Vol. 2, issue 7 (2005). **11.** Frandsen, T.F.: Self-citations: analysing the JIF mechanism. *Journal of Informetrics*, Vol. 1, Issue 1 (2007), p. 47–58. **12.** Garfield, E.: Citation analysis as a tool in journal evaluation. *Science*, Vol. 178, Issue 4060 (1972), p. 471-479. **13.** Garfield, E. Journal impact factor: A brief review. *Canadian Medical Association Journal (CMAJ)*, Vol. 161, No. 8 (1999), p. 979–980. **14.** Garfield, E.: The History and meaning of the journal impact factor. *Journal of the American Medical Association (JAMA)*, Vol. 295, No. 1 (2006), p. 90-93. **15.** Garfield, E: The meaning of the Impact Factor. *International Journal of Clinical and Health Psychology*, Vol. 3 (2003), p. 363-369. **16.** Glänzel, W., Debackere, K., Thijs, B. & Schubert, A.: A concise review on the role of author selfcitations in information science, bibliometrics and science policy. *Scientometrics*, Vol. 67, No. 2 (2006), p. 263–277. **17.** Hirst, G.: Discipline impact factors: a method for determining core journal lists. *Journal of the American Society for Information Science (JASIS)*, Vol. 29 (1978), p. 171-172. **18.** Hjortgaard Christensen, F. & Ingwersen, P.: Online citation analysis. A methodological approach. *Scientometrics*, Vol. 37, No. xx (1996), p. 39-62. **19.** Ingwersen, P.: The calculation of Web impact factors. *Journal of Documentation*, Vol. 54, Issue 2 (1998), p. 236-243. **20.** Колодницкий, В.Н.: Научно-технический журнал «Сверх-твердые материалы» в мировом информационном пространстве. Available on Web site: <http://www.ism.kiev.ua/stm/index.php?i=97>.

*КОВАЛЕВ А.И.*, канд. техн. наук, Хмельницкий, Украина

## **ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ В СИСТЕМАХ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ЧАСТЬ 1**

Описано методичний підхід до документаційного забезпечення вищих навчальних закладів на основі вимог міжнародних процесно-орієнтованих стандартів управління на основі якості (ISO серії 9000) та управління документаційними процесами (ISO 15489-1), також вимог національних стандартів та постанов кабінету міністрів з систем документації. Наведено структуру документації університету, докладний опис документів системи менеджменту якості.

Описан методический подход к документационному обеспечению высших учебных заведений на основе требований международных процессно-ориентированных стандартов управления на основе качества (ISO серии 9000) и управления документационными процессами (ISO 15489-1), также требований национальных стандартов и постановлений кабинета министров по системам документации. Приведена структура документации университета, подробное описание документов системы менеджмента качества.

It is described the technical approach for documentation support the institutions of higher educations on basis of demands of international process-oriented standards of management on basis of quality (ISO series 9000) and on basis of management documentation processes (ISO 15489-1), and also on basis of demands national standards and regulations of cabinet council by systems of documentation. It is given the structure of the university documentation and it is given the detailed description of documents the quality management system.

**Постановка задачи.** Настоящая статья посвящена регламентации порядка разработки, оформления и движения документов в системе менеджмента качества (СМК) вуза, что является требованием стандартов ISO серии 9000 [1]. Работа выполнена с целью установить единые требования к документированию управленческой деятельности и организации работы с документами в структурных подразделениях вуза на основании организационных и нормативных документов, приведенных в [2-8]. Под документационным обеспечением управления университета понимается создание документированной информационной базы на различных носителях для использования управленческим аппаратом в процессе реализации его функций. Описанный методический подход распространяется на все виды работ по документационному обеспечению и заключается в обязательной,

своевременной и последовательной фиксации всех управляющих воздействий и основных данных о состоянии университета. Работа по документационному обеспечению управления включает следующее: а) фиксирование информации о видах и способах осуществления деятельности и данных о состоянии университета на официальных носителях информации по установленным правилам, т.е. создание документов или «документирование»; б) своевременное представление информации в официальном порядке, т.е. передача документов по информационным технологическим цепочкам или «документооборот»; в) оперативное и долговременное сохранение информации, т.е. оформление, отправка, учет и хранение документов или «делопроизводство».

Действие методики не распространяется на следующие случаи: а) создание документов, которые поступают в университет из других организаций («входящие» документы); б) вся работа с информационными материалами, которые не являются официальными носителями информации. На «входящие» документы не распространяются только требования к созданию, но относятся все требования по их передаче и хранению. При этом принципы и правила работы с «входящими» документами являются такими же, как и для «внутренних» документов университета. Правила работы с информационными материалами определяют руководители подразделений университета в рамках своей компетенции.

В статье используются следующие термины.

*Документационное обеспечение управления (ДООУ)* – вид обеспечения управления университетом, который охватывает области фиксации, передачи и хранения официальной информации о состоянии университета и управляющих воздействий по изменению его состояния. ДООУ включает три основных типа процедур: документирование, документооборот и делопроизводство. *Документ* – зафиксированная на материальном носителе информация с реквизитами, позволяющими ее идентифицировать. *Вид документа* – принадлежность документа к системе документации по признакам содержания и целевого назначения. *Внутренний документ* – официальный документ, не выходящий за пределы университета. *Дело* – официальное место (например, папка, стеллаж, ящик, файл) для хранения документов, которые относятся к решению одного или сходных вопросов. *Номенклатура дел* – систематизированный перечень наименований дел, заводимых в университете с указанием сроков их хранения, оформленный в установленном порядке. *Информационный материал* – неофициальный носитель информации, правила работы с которым не регламентируются.

Правила работы с информационными материалами определяют руководители подразделений университета в рамках своей компетенции. *Регистрация документа* – запись учетных данных о документе по установленной форме, фиксирующая факт его создания, отправления или получения. *Перечень* – систематизированный список документов, предметов, объектов, составленный в целях распространения на них определенных норм или требований.

*Результаты исследования.* Первым принципом документирования является создание и сохранение аутентичных, достоверных и пригодных для использования документов, а также защита целостности этих документов в течение требуемого времени. Вторым принципом документирования является обязательное соблюдение требований к оформлению документов. Данные требования различаются для каждого типа документов и имеют специфику в зависимости от того, кто является автором и адресатом документа. Общие правила оформления определяют следующие требования к документу: а) выбор бланка (формы); б) использование реквизитов; в) применение компьютера и другой оргтехники. Документы содержат информацию, являющуюся ценным ресурсом и важным элементом образовательной деятельности. Системный подход к управлению документами позволяет университету защищать и сохранять документы в качестве доказательства действий. Система управления документами дает возможность создания информационного ресурса об образовательной деятельности университета, который может поддерживать ее последующую деятельность, обеспечивать оперативное принятие отдельных решений и представление необходимой и своевременной отчетности.

Документы позволяют университету:

- осуществлять деятельность упорядоченно, результативно и ответственно;
- предоставлять информацию последовательно и объективно;
- обеспечивать информационную поддержку при принятии управленческих решений;
- обеспечивать согласованность, непрерывность и производительность образовательной и управленческой деятельности;
- обеспечивать бесперебойность деятельности в случае чрезвычайных ситуаций;
- соблюдать требования нормативной среды, в том числе в области аудиторской и надзорной деятельности;

- обеспечивать защиту и поддержку в судебных делах, включая риски, связанные с наличием или отсутствием документальных доказательств, содержащих сведения о деятельности университета;
- защищать интересы организации и права сотрудников, а также всех заинтересованных сторон;
- обеспечивать и документировать научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, инновационную деятельность;
- предоставлять документированные доказательства личной, общественной и деловой деятельности;
- обеспечивать деловую, персональную и культурную идентичность;
- поддерживать корпоративную, индивидуальную и социальную память.

Требования к управлению документами.

Документы создаются, получают и используются в процессе осуществления деловой активности. Для обеспечения непрерывности деятельности вуза, соблюдения соответствия регулирующей среде и обеспечения должной отчетности необходимо создавать и сохранять аутентичные, надежные и пригодные для использования документы, а также защищать целостность этих документов в установленный период времени. Для этого необходимо выполнять определенные требования по управлению документами, включающие в себя:

- а) перечни документов для каждого подразделения и процесса образовательной деятельности и требования к информации, подлежащей включению в документы;
- б) решения, какой формы и структуры должны быть создаваемые и включаемые в систему менеджмента документы и какие технологии для их создания и обработки следует использовать;
- в) требования, описывающие контекст, содержание, структуру (типы, виды) документов и управление ими;
- г) установление требований к поиску, использованию и передаче документов, а также срокам хранения документов;
- д) оценку рисков, связанных с отсутствием официальных документов, отражающих деятельность университета;
- е) обеспечение сохранности документов и доступа к ним в целях выполнения требований образовательной деятельности и ожиданий заинтересованных сторон;

ж) соответствие правовым требованиям, регулирующей среде, стандартам и политике университета;

з) обеспечение хранения документов в безопасной и защищенной среде, в течение необходимого или требуемого срока;

и) определение и оценку возможностей повышения результативности процессов университета, решений и действий в результате качественного управления документами.

Виды и типы документов.

Структура документации системы менеджмента качества университета приведена на рис. 1. Внутри видов документов используются различные типы документов – они указаны курсивом на приведенной структуре. Характеристика каждого вида приводится ниже.

**Доктрина, Концепция, Политика и цели в области качества.**

**Доктрина** в области качества подготовки специалистов и образовательных услуг: определяет и объединяет миссию, видение, политику, стратегические цели, инструменты и гарантии непрерывного совершенствования качества подготовки специалистов и образовательных услуг. **Концепция** в области качества подготовки специалистов и образовательных услуг: представляет собой систему взглядов на качество подготовки специалистов и образовательных услуг; описание стратегии университета и роли качества подготовки специалистов и предоставления образовательных услуг; реализацию стратегии университета в области подготовки специалистов и предоставления образовательных услуг.

**Политика в области качества:** (1) *общие намерения* и (2) *направление деятельности* (линия поведения) университета в области качества, официально сформулированные высшим руководством. Т.о. политика должна содержать заявление о намерениях и основные средства, с помощью которых данные намерения осуществляются. *Средства* – это компонент системы, с помощью которого осуществляются преобразования ее объектов (намерений). Такими средствами, задающими направления деятельности, выступают процедуры СМК. Процедуры должны предоставлять детализированную информацию о методах, с помощью которых осуществляется политика. Политика и официальные процедуры образуют систему, в которой университет разрабатывает и осуществляет мониторинг результативности своей системы гарантии качества образования.



Рисунок 1 – Структура видов документов СМК университета

Ректор принимает решение о формировании «Политики в области качества» (далее по тексту «политика»), формулирует проект политики и выносит ее на заседание координационного совета по качеству для обсуждения. В политике ректор формулирует общеуниверситетские намерения и направления деятельности. На основе политики формулируются **стратегические цели** в области качества. При этом согласованность целей с политикой будет обеспечена, когда все намерения будут «переведены» в стратегические цели. Каждому намерению должна быть поставлена в соответствие как минимум одна цель, иначе намерение так и останется намерением [9].

Для сформулированного в политике намерения должны быть (1) определены функции, от выполнения которых зависит реализация намерения и (2) поставлены цели, достижение которых будет необходимым и достаточным условием реализации заявленного намерения.

Должен существовать способ соответствующего развертывания целей в области качества по структуре и процессам университета, связывающий общие стратегические цели с целями руководителей подразделений (проректоры, руководители институтов и деканы факультетов) и ниже до конкретных функций и видов деятельности. Такие тактические цели (т.е.

задачи) устанавливаются перед соответствующими должностными лицами и подразделениями на соответствующих уровнях – в комплексной целевой программе по качеству (см. ниже).

Не все цели поддаются количественному измерению, например, взаимоотношения между людьми. Поэтому некоторые цели можно сформулировать только в терминах деятельности, которую нужно осуществить за определенный период времени, а не в терминах конечных результатов. В таких случаях обязанности подразделения и ответственность за выполнение определенных (незначимых) функций заключается в том, чтобы просто добросовестно и квалифицировано выполнять эти функции. В этом случае конкретные задачи не формулируются, а оценка осуществляется по факту. Подобная деятельность также целенаправленна – она направлена на выполнение своих функций. Перед этими подразделениями или должностными лицами поставлена следующая общая задача: качественно выполнять свои функции по мере возникновения в них необходимости: регистрация по факту внешних входящих документов, составление по факту установленной отчетности по учету персонала, проведение по факту контроля занятий, обеспечение по факту поступления материальных ценностей их прием на склад, хранение и выдачу со склада, выдача литературы в библиотеке, осуществление приема платежей, другое. Но эти цели не являются целями в области качества согласно определению, приведенному в [2].

#### **Руководство качеством (РК), документированные процедуры (ДП).**

РК должно представлять детализированную информацию о методах, с помощью которых осуществляется политика и служить справочным материалом для лиц, интересующихся практическим аспектом применения процедур.

ДП – регламентирующие документы, в которых приводятся требования к выполнению деятельности сотрудниками университета. Они включают: *организационную структуру (или структурную схему), документированные процедуры процессов и работ, положения о подразделениях, положения об области деятельности, общие требования, рабочие и должностные инструкции.*

Оргструктура необходима для распределения ответственности, полномочий и взаимоотношений между работниками, она представляет собой емкость для хранения информации. Роли (должности) служат не только для того, чтобы обеспечить должностные позиции и прояснить ожидания. Но они также выполняют формальную и неформальную кодировку «правильного поведения» и отражают подходящую последовательность взаимодействия. Элементы структуры содержат информацию о реакции университета на проблемы в терминах «кто и что в этом случае должен делать».

Процедура – это установленный способ осуществления деятельности или процесса, т.е. определенных действий для обеспечения качества. Процедуры нужны для осуществления процессов и работ (видов деятельности), чтобы выполнить требования стандарта ДСТУ ISO 9001. Для некоторых требований стандарта нецелесообразно идентифицировать процесс и разрабатывать соответствующую процедуру процесса, достаточны некоторые процедуры работ, переводящие требования стандарта в требования университета. Процедура работы отличается от процедуры процесса тем, что она направлена на выполнение какой-то одной или нескольких незначимых функций по мере возникновения в них необходимости. Также процедура работы может определять, что должно быть сделано в специфической единичной ситуации. А процедуры процессов рассчитаны на ситуации, в которых необходимо достижение целей в области качества, и в которых имеет место совокупность нескольких взаимосвязанных или взаимодействующих между собой работ. Процедуры могут быть документированными и не документированными.

Процедура перечисляет и описывает по порядку этапы (шаги) по выполнению конкретной функции (цикла действий). Она описывает действия коллектива. Если описываются действия одного работника, то это в чистом виде *рабочая инструкция*. Процедура описывает действия, необходимые для выполнения законченной функции. Законченная функция или цикл действий связан с выполнением полностью конкретного объема работы.

**Организационная структура** – документированная процедура, содержащая распределение ответственности, полномочий и взаимоотношений между работниками.

**Документированные процедуры процессов** содержат, помимо прочего, требования к входам и результатам процессов, к деятельности по их верификации, валидации, измерению и мониторингу, критериям приемки, ведению соответствующих записей.

**Документированные процедуры работ** являются составной частью положений о подразделениях и (или) должностных инструкций.

**Должностная инструкция** – документированная процедура, определяющая обязанности, права, полномочия, ответственность, квалификацию и компетентность должностного лица, взаимоотношения по должности, критерии и показатели качества выполняемых работ.

**Положение о подразделении** – документированная процедура, которая определяет область деятельности подразделения, правовое и административное положение в структуре университета, задачи и виды деятельности, административную и процессную (или функциональную) подчиненность, взаимоотношения с другими подразделениями университета, ответственность подразделения в целом и его руководителя, оценку качества деятельности. Поскольку требования к положениям о структурных

подразделениях и правила их разработки законодательством не установлены, каждая организация самостоятельно решает, какие вопросы деятельности конкретного подразделения должны быть урегулированы в этих нормативных документах.

Структурное подразделение представляет собой официально выделенный орган управления определенным участком деятельности университета с самостоятельными задачами, функциями и ответственностью за их выполнение. *Отдел* – функциональное структурное подразделение, отвечающее за конкретное направление деятельности университета или за организационно-техническое обеспечение реализации одного или нескольких направлений деятельности университета. *Служба* – группа объединенных по функциональному признаку структурных единиц, имеющих родственные цели, задачи и функции. При этом управление группой осуществляется централизованно одним должностным лицом. Служба также может быть создана как отдельное структурное подразделение, образованное по функциональному признаку и предназначенное для обеспечения деятельности всех структурных подразделений университета в рамках реализации одного направления.

**Положение об области деятельности** – документированная процедура, определяющая принципы и основные правила выполнения работ в конкретной области деятельности, а также характеризующая процессы и процедуры, входящие в состав данной области. Например, по воспитательной работе: положение о студенческом самоуправлении.

**Общие требования** – документированная процедура, которая регламентирует отдельные аспекты деятельности, а также форму, изложение, оформление, состав, или содержание определенного вида документации. Например, по отделу кадров: квалификационные требования к должностям профессорско-преподавательского состава.

**Рабочая инструкция** – документированная процедура, подробно описывающая условия и приемы выполнения операций конкретными исполнителями на рабочих местах. Например, инструкции по эксплуатации (оборудования, лабораторных установок, стендов и других технических средств обучения), плакаты, видеоматериалы. Рабочая инструкция описывает (по порядку) действия, которые должен предпринять конкретный работник для выполнения этапа процедуры или серии взаимосвязанных действий, включая указания по качеству и безопасности. Другими словами если совокупность действий относится к одному работнику на протяжении более чем 5-6 этапов, то это явная рабочая инструкция. Поэтому рабочая инструкция – это «процедура для одного». Рабочие инструкции, в зависимости от использованного подхода, описывают или отдельные работы данного процесса, или деятельность отдельных исполнителей.

Если документированные процедуры процессов и работ в большей степени описывают методологические аспекты, то рабочие инструкции отражают используемые организационно-технические подходы.

В целом, можно сказать, что *Политика* определяет, что нужно сделать; она должна облегчать подчиненным процесс принятия решений на своем уровне. *Процедура* определяет, кто что делает и когда, т.е. устанавливает способ осуществления отдельных видов деятельности (работ) или процессов. *Рабочая инструкция* определяет, как это делать.

**Список использованной литературы:** 1. ДСТУ ISO 9001:2009 Системи управління якістю. Вимоги. Введ. 01.09.2009. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 23 с. 2. ДСТУ ISO 9000:2007 Системи управління якістю. Основні положення та словник. Введ. 01.10.2008. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 29 с. 3. ДСТУ 4163-2003 Державна уніфікована система документації. Уніфікована система організаційно-розпорядчої документації. Вимоги до оформлення документів. Введ. 01.09.2003. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 26 с. 4. ДСТУ 2732:2004 Діловодство й архівна справа. Терміни та визначення понять. Введ. 01.07.2005. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 36 с. 5. ДСТУ ISO/TR 10013-2003 Настанови з розроблення документації системи управління якістю. Введ. 01.07.2004. – К.: Держспоживстандарт України, 2004. – 15 с. 6. ДСТУ 4423-1:2005 Керування документаційними процесами. Частина 1: Основні положення. Введ. 01.04.2007. – К.: Держспоживстандарт України. – Київ, 2007. – 34 с. 7. Примірна інструкція з діловодства у міністерствах, інших центральних органах виконавчої влади, Раді міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих органах виконавчої влади: Постанова КМУ від 17 жовтня 1997 р. № 1153 // Закон и норматив [Электронный ресурс] / Нормативная база «Законодательство Украины». – Киев, 1997. – Режим доступа: <http://www.licasoft.com.ua>. 8. Інструкція про порядок обліку, зберігання і використання документів, справ, видань та інших матеріальних носіїв інформації, які містять конфіденційну інформацію, що є власністю держави: Постанова КМУ від 27 листопада 1998 г. № 1893 // Закон и норматив [Электронный ресурс] / Нормативная база «Законодательство Украины». – Киев, 1998. – Режим доступа: <http://www.licasoft.com.ua>. 9. Ковалев А.И. Менеджмент качества функционирования предприятий / А.И. Ковалев, А.С. Зенкин, А.И. Химичева. – Хмельницкий: Изд.-во ПП Цюпак, 2010. – 520 с.

*А.И. КОВАЛЕВ*, канд. техн. наук, Хмельницкий, Украина

## **ДОКУМЕНТИРОВАНИЕ В СИСТЕМАХ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ. ЧАСТЬ 2**

Описано методичний підхід до документаційного забезпечення вищих навчальних закладів на основі вимог міжнародних процесно-орієнтованих стандартів управління на основі якості (ISO серії 9000) та управління документаційними процесами (ISO 15489-1), також вимог національних стандартів та постанов кабінету міністрів з систем документації. Наведено структуру документації університету, докладний опис документів системи менеджменту якості.

Описан методический подход к документационному обеспечению высших учебных заведений на основе требований международных процессно-ориентированных стандартов управления на основе качества (ISO серии 9000) и управления документационными процессами (ISO 15489-1), также требований национальных стандартов и постановлений кабинета министров по системам документации. Приведена структура документации университета, подробное описание документов системы менеджмента качества.

It is described the technical approach for documentation support the institutions of higher educations on basis of demands of international process-oriented standards of management on basis of quality (ISO series 9000) and on basis of management documentation processes (ISO 15489-1), and also on basis of demands national standards and regulations of cabinet council by systems of documentation. It is given the structure of the university documentation and it is given the detailed description of documents the quality management system.

### **• Комплексная целевая программа по качеству (КЦПК).**

КЦПК – документ, определяющий какие процессы и другие виды деятельности, а также документированные процедуры и соответствующие ресурсы, кем и когда должны применяться для достижения целей. КЦПК – адресный документ, содержащий задачи по обеспечению требуемого качества. Решение этих задач должно обеспечиваться взаимосвязанными по срокам, ресурсам и исполнителям заданиями и комплексом мероприятий маркетингового, социального, организационного, экономического, финансового, научно-технического характера. КЦПК, являющаяся результатом выполнения функции планирования, может содержать ссылки на некоторые разделы руководства качеством, документированные процедуры, планово-учетные документы подразделений, финансовые документы. Основ-

ным в программе должен быть целевой подход, направленный на обеспечение необходимого уровня качества по удовлетворению потребностей и спроса на продукцию вуза. В такую программу необходимо включать: (1) задачи в области качества, взаимоувязанные по срокам, ресурсам и исполнителям на различных стадиях жизненного цикла продукции вуза; (2) все необходимые мероприятия и процессы их выполнения, обеспечивающие выполнение задач программы.

При подготовке комплексной целевой программы следует использовать «дерево» целей (начиная со стратегических целей в области качества). Среди важнейших положений построения «дерева» целей следует отметить: каждая цель должна описываться не только словесно, но и количественно; цели должны быть «связаны» временем, то есть необходимо указывать срок их достижения с промежуточными контрольными точками; для всех целей должны быть установлены приоритеты важности; процесс составления дерева целей – итерационный процесс; цели с низким приоритетом следует исключать.

Типовой состав разделов отдельной целевой программы КЦПК: 1. Цели и задания программы. 2. Критерии и показатели по обеспечению и повышению уровня качества и конкурентоспособности. 3. Мероприятия по реализации заданий (включая комплекс социальных, организационных и других мероприятий на всех стадиях жизненного цикла продукции вуза, в том числе, на этапе маркетинга, сертификации, и т.п., на всех уровнях управления). 4. Механизм реализации программы. 5. Обеспечение программы (материальное, финансовое, персоналом). 6. Оценка результативности программы. 7. Организация управления реализацией программы и контроль за ходом ее выполнения.

• **Действующая документация вуза.**

Действующая документация включает организационно-распорядительные, информационно-справочные, планово-учетные, кадровые, научно-методические документы по обеспечению учебного процесса и бухгалтерские документы. Для облегчения поиска и использования документов они могут быть оформлены в виде *дел*. При этом могут быть оформлены *номенклатуры дел*. Номенклатура дел предназначена для группировки исполненных документов в дела, систематизации и учета дел, определения сроков их хранения и для упрощения поиска необходимых документов.

**(1) Организационно-распорядительные документы** – действующие документы университета, в которых фиксируется структура управления уни-

верситетом и распределение обязанностей между подразделениями и/или индивидуальными субъектами деятельности. Они включают: *устав, колдоговор, приказы по основной деятельности, графики, распоряжения, решения (постановления) и правила*, создаваемые в результате деятельности.

**Устав** – документ, устанавливающий статус, цели, порядок и характер деятельности университета. **Приказ по основной деятельности** – документ, фиксирующий управляющее воздействие ректора, обращенное к сотрудникам университета. **Решение** – документ, фиксирующий управляющее воздействие органа коллегиального управления (ученого совета, координационного совета по качеству, методсовета). **Распоряжение** – документ, фиксирующий управляющее воздействие ректора, проректоров, руководителей структурных подразделений для разрешения оперативных вопросов. **График** (или план-график) – документ, устанавливающий перечень работ, сроки выполнения и исполнителей, вовлеченных в работу. График содержит: наименование работы, дату начала и окончания работы, наименование подразделения – участника работы, фамилию и должность ответственного исполнителя. **Правила** – документ, устанавливающий требования, которые регламентируют деятельность человека с целью соблюдения существующих законодательных актов, действующих нормативов и норм.

Требования к оформлению организационно-распорядительной документации (которые могут распространяться на всю действующую документацию) регламентирует стандарт [1].

**(2) Информационно-справочные документы** – действующие документы университета, в которых фиксируются данные о состоянии дел в университете и происходящих изменениях. Эти данные необходимы для принятия управленческих решений, а также для контроля за выполнением решений и учета результатов. Они включают: *договоры, сообщения* (все разновидности переписки), *записки, заявления (заявки), базы данных, ведомости (списки), журналы и книги учета и выдачи, картотеки, каталоги, справки информационные, учебно-методические документы*. Эти документы не содержат поручений, не обязывают выполнять поручения.

**Договор** – документ, фиксирующий соглашение двух или более сторон об установлении и условиях регулирования их отношений. **Сообщение** – документ, который служит для обмена информацией с другими организациями и подразделениями внутри университета. В зависимости от способа передачи адресату сообщение может быть следующих разновидностей: *почтовое сообщение (письмо), факсимильное сообщение (факс),*

*электронное сообщение (электронное письмо), телефонное сообщение (телефонограмма). Письмо-запрос* – письмо, направляемое с целью получения каких-либо официальных сведений или документов. *Гарантийное письмо* – документ, подтверждающий обязательства университета или его партнера по конкретной сделке. Чаще всего подтверждается оплата или полномочия. **Записка** – документ, который служит для обмена информацией среди персонала. В зависимости от цели предоставления информации различают следующие разновидности записок: *служебную, докладную, объяснительную, сопроводительную*. **Заявление (заявка)** – документ, содержащий просьбу или предложение лица (лиц) должностному лицу университета. **База данных (БД)** – набор данных, который достаточен для установленной цели и представлен на машинном носителе в виде, позволяющем осуществлять автоматизированную переработку содержащейся в нем информации. *Данные* – информация, представленная в виде, пригодном для обработки автоматическими средствами при возможном участии человека. **Ведомость (список)** – перечень каких-либо данных, расположенных в определенном порядке, составленный в целях информации или регистрации. **Журналы и книги учета и выдачи** (документов, материальных средств, работ) – виды документов, составленные по определенной форме и содержащие сведения о документах и операциях с документами, материальных средствах или работах. Например, по канцелярии: журнал регистрации приказов, распоряжений; журнал регистрации договоров. **Картотека** – совокупность определенного количества карточек-носителей информации, объединенных, систематизированных и размещенных в каком-либо порядке: по алфавиту, темам, сроку. *Карточка* – документ картотеки. Регистрационно-контрольные карточки оформляются на документы, которые формируются в картотеки в зависимости от задач в соответствии с используемыми классификаторами. **Каталог** – список, перечень каких-либо однородных предметов, составленный в определенном порядке, облегчающем их нахождение. **Справка информационная** – документ, который содержит описание конкретных фактов или событий. Например, по воспитательной работе: дело (папка) «Анализ состояния дисциплины студентов».

**(3) Планово-учетные документы** – действующие документы университета, в которых приводятся конкретные показатели планируемых работ, а также результаты выполнения (как правило, финансовых показателей). В зависимости от типа предоставляемых данных (планируемые или выполненные) выделяется два вида документов: *план* и *отчет по плану*.

**План** – документ, который служит для фиксации ожидаемых результатов деятельности. **Отчет по плану** – запись по качеству, которая служит для фиксации результатов выполнения плана. Разновидности отчетов выделяются аналогично разновидностям плана. По содержанию планируемой деятельности периода планирования выделяем следующие *разновидности планов*: смета доходов и расходов, план ассигнования, план использования бюджетных средств, планы работ подразделений, планы мероприятий (по обеспечению пожаробезопасности в студенческом городке, др.), перспективные планы.

**(4) Кадровые (по личному составу) документы** – действующие документы университета, в которых фиксируют изменения в состоянии персонала (порядок оформления приема, увольнения и перевода сотрудников университета). Кадровые документы могут храниться в делах (папках). Они включают: *приказы и другие документы по личному составу, заявления, учетные документы отдела кадров*.

**Приказ по личному составу** – действующий документ вуза, фиксирующий факт приема, перемещения, увольнения сотрудников, а также иные действия, определяющие условия труда сотрудников. **Штатное расписание** – перечень должностей в университете с указанием их количества и размеров должностных окладов.

**(5) Научно-методические документы по обеспечению учебного процесса** – действующие документы университета, используемые при обучении какому-либо учебному предмету (дисциплине); создаются для проведения занятий в дополнение к учебникам и учебным пособиям. Они определяют характер и уровень работы научной и учебной работы над курсом. *Методические указания* – документ, в котором устанавливаются совокупность операций и правил, выполнение которых обеспечивает получение необходимых результатов измерений, расчетов и т.п. *Методические рекомендации* – документ, в котором описываются способы и методы достижения показателей и удовлетворенности критериев, установленных нормами и правилами.

**(6) Бухгалтерские документы** – действующие документы университета, в которых фиксируют данные о совершенных хозяйственных операциях, имуществе и обязательствах университета в денежном выражении путем сплошного, непрерывного, документального и взаимосвязанного их отражения. В зависимости от назначения выделяют следующие виды финансовых документов. *Первичные учетные документы* – служат для фиксации данных о хозяйственных операциях и средствах платежей: счет,

счет-фактура, приходно-расходный ордер, платежное поручение, акт приема-сдачи работ, акт приема-передачи основных средств, товарно-транспортная накладная. Также *сводные учетные документы* – служат для фиксации обобщенных данных за определенный промежуток времени. Например, *бухгалтерские отчеты* – служат для предоставления информации о хозяйственных операциях, произведенных университетом.

• **Внешние документы** – документы, отправленные другим организациям (лицам) или полученные от них (*входящие* или *исходящие*). *Входящий* – документ, поступивший в организацию. *Исходящий* документ – официальный документ, отправленный из организации. Внешние документы (1) идентифицируют среду, регулирующую деятельность университета и (2) требования к документированию этой деятельности.

(1) Процедуры деятельности университета должны учитывать регулируемую среду. Регулирующая среда включает в себя правовые, организационно-правовые, нормативные документы: а) законы и нормативные акты, регулирующие сферу образовательной активности в целом и в специфических областях, в том числе законы и нормативные акты, относящиеся непосредственно к документам, архивам, доступу, конфиденциальности, доказательствам, защите данных, информации; б) стандарты, относящиеся к практической деятельности (например, отраслевые); в) правила рекомендательного характера, отражающие передовой опыт в сфере образования и научной деятельности; г) добровольно применяемые международные этические кодексы и нормы; д) идентифицируемые общественные ожидания, касающиеся приемлемого поведения в специфической области (взаимодействия обучающего и обучаемого).

(2) Внешние требования к документированию деятельности университета – это информация о конкретных требованиях заинтересованных сторон. Могут быть идентифицированы следующие внешние документы: *законы, постановления, государственные стандарты образования, стандарты отрасли и отраслевые правила, национальные и международные стандарты, рекомендации, справочники, классификаторы, документированная информация о конкретных требованиях заинтересованных сторон (предписания, акты, письма, запросы, справки, отчеты, приглашения), рекламные документы.*

Например, по канцелярии: дело (папка) «Входящие документы»: предписания, акты, письма, запросы, справки, приглашения; приказы, распоряжения, постановления МОН Украины; дело (папка) «Исходящие документы»: письма, запросы, справки, отчеты, акты.

В отличие от внешних, *внутренние документы* – официальные документы, не выходящие за пределы подготовившей их организации. Внутренняя документация анализируется, утверждается, вводится в действие и изменяется уполномоченным персоналом, который несет ответственность за ее соответствие требованиям. Все внутренние документы являются собственностью университета, поэтому предоставление и передача их посторонним организациям и лицам осуществляется только с разрешения ректора или проректоров в области своей компетенции.

- **Формы и записи по качеству.**

**Форма** – документ, в который вносятся данные, требуемые системой менеджмента качества. Формы нужны для формализованного ведения необходимых записей. **Запись по качеству** – документ, подтверждающий достигнутые результаты или представляющий доказательство о проделанной работе. Они включают регистрационно-учетные, протокольные документы: *акты, протоколы, отчеты, справки отчетные, грамоты, фотографии, видео, газеты*. В соответствии с [2] *запись* (record): зафиксированная на материальном носителе идентифицируемая информация, созданная, полученная и сохраняемая организацией или физическим лицом в качестве доказательства при подтверждении правовых обязательств или деловой деятельности. *Управление записями* (records management): совокупность планомерных и эффективных действий по созданию, использованию, хранению и уничтожению документов в организациях с целью доказательства проведения деловых (управленческих) операций. Записи по качеству могут вестись как в произвольной виде, так и с использованием специально разработанных форм, с установленной периодичностью или по мере необходимости. Главное, чтобы записи отвечали требованиям своевременности, объективности, а также сохранности и возможности восстановления. **Акт** – запись по качеству, составляемая несколькими лицами для подтверждения конкретных фактов или действий. Акты составляются по результатам ревизий деятельности университета или его структурных подразделений, при приеме-сдаче дел, подготовке документов к уничтожению, приеме работ по договору, при проверке состояния делопроизводства, при списании товарно-материальных ценностей и т.д. **Протокол** – запись по качеству, которая служит для фиксирования хода обсуждения вопросов и принятия решений на собраниях, заседаниях, совещательных органов коллегиального управления университета. **Справка отчетная** – запись по качеству, которая служит для подтверждения конкретных фактов или событий.

Система обозначения и регистрации документов.

Статус официального носителя документу придают наличие необходимых реквизитов и буквенно-цифровое обозначение (код). *Реквизит документа* – элемент оформления документа, который несет информацию о его принадлежности, статусе, содержании или динамике движения по организации. Каждый реквизит имеет стандартное место расположения и правила оформления. **Буквенно-цифровое обозначение (код) документов** – система представления информации в виде данных, состоящая из набора условных знаков и правил присвоения им значений. Код документов СМК включает *буквенное обозначение вида документа, цифровое обозначение подразделения университета, порядковый номер и год утверждения* (например, см. рис. 2).

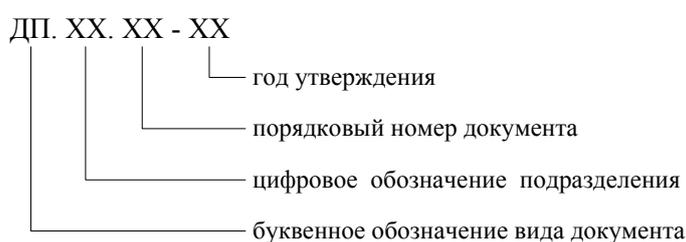


Рисунок 2 – Буквенно-цифровое обозначение (код) документов

*Буквенное обозначение вида документа* служит для отнесения документа к одному из видов типовой структуры документации университета. *Цифровое обозначение подразделения университета* указывает подразделение, в область ответственности которого входит работа с документом. *Порядковый номер* уточняет место документа в массиве документов; он состоит из двух цифр, которые показывают последовательность, в которой документ был зарегистрирован в границах одного вида документов и подразделения.

Буквенное обозначение вида документа: РК – руководство качеством; КЦПК – комплексная целевая программа по качеству; ДП – документированная процедура; ЗПК – запись по качеству. Цифровые обозначения подразделений университета: 01 – институт 1; 02 – институт 2; 03 – институт 3; 04 – факультет 1; 05 – факультет 2; 06 – служба проректора по учебной работе; 07 – служба проректора по научной работе; 08 – служба проректора по воспитательной работе.

Кодированию подлежат следующие документы СМК: руководство качеством, документированные процедуры, комплексная целевая программа по качеству, записи по качеству. Не кодируются: доктрина и концепция в области качества подготовки специалистов и образовательных

услуг, политика в области качества, стратегические цели в области качества, а также действующие и внешние документы.

В оформлении документов должны использоваться требуемые реквизиты – обязательные элементы оформления. Набор используемых реквизитов частично различается для каждого вида и типа документов. Все документы после создания должны быть зарегистрированы. Регистрационный номер документов является обязательным реквизитом; он служит для идентификации документа, хранения и поиска. Отсутствие регистрационного номера означает, что документ не существует для ДООУ и может использоваться в работе только в качестве информационного материала, не имеющего официального характера. Регистрируются все документы, независимо от того, созданы они сотрудниками университета или поступили из других организаций. Для документов, поступивших из других организаций, регистрационный номер присваивается независимо от того, есть ли на нем исходящий номер организации отправителя или нет. Передача документов должна осуществляться в официальном порядке. Этот принцип означает, что любой факт официальной передачи документов должен быть в свою очередь зарегистрирован в журнале движения документов. Данный принцип означает, что документы, переданные из рук в руки, без регистрации факта передачи, не считаются переданными по назначению. Регистрацию и передачу документов могут осуществлять только те сотрудники университета, чьими функциональными обязанностями является ведение документооборота и делопроизводства. Не подлежат регистрации рекламные извещения, статьи, поздравительные письма, приглашительные билеты, прејскуранты, а также корреспонденция с пометкой "лично". Документы регистрируются однократно. Поступающие документы регистрируются в день поступления, отправляемые – в день подписания или утверждения. Состав реквизитов организационно-распорядительных документов, а также подробное описание рассмотрения, регистрации, и оформления, приведено в [3]. В зависимости от назначения выделяются следующие классы реквизитов: указывающие на принадлежность документа к университету; содержащие общую информацию о документе; раскрывающие содержание документа; указывающие на статус документа; отражающие динамику движения документа.

Перечни документов.

Все виды документов, подлежащих управлению, распределены по следующим перечням.

1. Основной перечень документации по управлению качеством, охватывающий доктрину, концепцию, политику в области качества, цели в области качества, руководство качеством, обязательные документированные процедуры, требуемые стандартом ДСТУ ISO 9001:2009, комплексную целевую программу по качеству.

2. Документация, сопровождающая учебную работу в службе проректора по учебной работе.

3. Документация, сопровождающая учебную работу в институтах и факультетах.

4. Документация, сопровождающая деятельность по последипломному образованию и довузовской подготовке.

5. Документация, сопровождающая научную работу.

6. Документация, сопровождающая воспитательную деятельность в подразделениях службы проректора по воспитательной работе.

7. Документация, сопровождающая воспитательную деятельность в институтах и факультетах.

8. Документация, сопровождающая кадровую, административную и правовую деятельность.

9. Документация, сопровождающая экономическую деятельность.

10. Документация, сопровождающая финансовую деятельность.

11. Документация, сопровождающая деятельность по развитию и капитальному строительству.

12. Документация, сопровождающая деятельность по коммунальным вопросам.

Перечни хранятся и актуализируются в соответствующих структурных подразделениях, обновляются (актуализируются) каждый учебный год.

Центры регистрации и передачи документов.

За регистрацию и передачу документов отвечают следующие подразделения: канцелярия; структурные подразделения; отдел кадров; бухгалтерия. В канцелярии регистрируются следующие документы: входящая и исходящая корреспонденция; приказы ректора по основной деятельности; договоры; доверенности; служебные записки. В соответствующих структурных подразделениях регистрируются документы специальных (функциональных) систем документации (бухгалтерские, финансовые, кадровые, учетные и др.). Отдел кадров отвечает за регистрацию, передачу и хранение всех кадровых документов. Бухгалтерия отвечает за регистрацию и хранение бухгалтерских и планово-учетных документов.

### Общие правила передачи документов.

Для соблюдения принципа официальной передачи документов в каждом центре документооборота производится фиксация всех фактов передач документов в регистрационном журнале/книге. Для упрощения ведения журнал регистрации хранится в базе данных на сервере университета. Журнал учета исходящих документов используется для регистрации фактов передачи всех документов, передаваемых в другие организации, независимо от того, каким образом они были переданы. Если факты передачи документов фиксируются в специализированных базах данных, в случае необходимости, проводится дублирование информации на бумажных носителях в виде распечаток содержания баз данных. Базы данных должны иметь формат вывода на печать, соответствующий формату записей в карточках или книгах учета.

### Принципы хранения документов.

Хранение документов осуществляется в двух видах: оперативном и архивном. Виды хранения выделяются в зависимости от того, как используется документ сотрудниками университета. На период использования документа в работе, он должен находиться в оперативном доступе и помещается на оперативное хранение. Например, переписка по текущему договору, действующие правила выполнения работ (инструкции), текущие отчеты, действующие приказы и т.п. После использования (например, после закрытия договора или направления работ, отмены действия предыдущего приказа следующим и т.п.) он должен быть помещен на долгосрочное хранение в архив университета. Архивное хранение документов необходимо для обращения к информации по выполненным работам в случае необходимости.

Оперативное хранение документа осуществляется в том центре документооборота, в котором документ был зарегистрирован. Процедура оперативного хранения заключается в помещении оригинала или заверенной копии документа в соответствующее Дело. Окончание оперативного хранения документа зависит от типа информации, которая в нем содержится. После окончания оперативного хранения документ передается в Архив. Архивное хранение документа осуществляется в канцелярии. Процедура архивного хранения заключается в получении закрытого Дела из центра документооборота, проверки правильности его оформления и наличия всех документов, определения срока хранения, помещения дела на ме-

сто хранения и внесения информации о нем в базу данных. По окончании срока хранения дело уничтожается.

**Заключение.** В условиях глобализации и интеграции страны в мировую экономику использование международных стандартов управления, в том числе информационного (документационного) обеспечения управления является осознанной необходимостью организаций, нацеленных на взаимодействие с зарубежными партнерами. Равно перед университетами стоит вопрос о создании соответствующих современным условиям единых норм и требований к системе документационного обеспечения управленческой деятельности. В первую очередь это касается стандартов ISO серии 9000, относящихся к управлению на основе качества. Также при разработке систем управления качеством вузов должны учитываться существующие международные нормы в области документации. Рассмотренные выше практические аспекты выполнения требований названных стандартов к управлению документацией, структурирование, систематизация и упорядочение документов является основой обеспечения управляемости создаваемой документации и перехода к безбумажной системе.

**Список использованной литературы:** 1. ДСТУ 4163:2003 Державна уніфікована система документації. Уніфікована система організаційно-розпорядчої документації. Вимоги до оформлення документів. Введ. 01.09.2003. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 26с. 2. ДСТУ 4423-1:2005 Керування документацийними процесами. Частина 1: Основні положення. Введ. 01.04.2007. – К.: Держспоживстандарт України. – Київ, 2007. – 34с. 3. Примірна інструкція з діловодства у міністерствах, інших центральних органах виконавчої влади, Раді міністрів Автономної Республіки Крим, місцевих органах виконавчої влади: Постанова КМУ від 17 жовтня 1997 р. № 1153 // Закон и норматив [Электронный ресурс] / Нормативная база «Законодательство Украины». – Киев, 1997. – Режим доступа: <http://www.licasoft.com.ua>.

**К.В. КОЛЕСНИКОВА**, канд. техн. наук,  
**В.О. ВАЙСМАН**, д-р техн. наук,  
**В.М. ТОНКОНОГИЙ**, д-р техн. наук,  
**О.С. ЛОПАКОВ**, Одеса, Україна

## **ПОБУДОВА АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ТРЕНІНГУ ПЕРСОНАЛУ ДУГОВОЇ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЇ ПЕЧІ**

Протиріччя щодо якісної підготовки фахівців до виконання виробничих функцій у наслідок того, що під час навчання здійснюється контроль досягнень з теоретичної підготовки, а не виробничої діяльності, може бути подолано за рахунок розробки і використання тренажерів у навчальному процесі.

Ключові слова: навчання, тренажери, модель, якість освіти, контроль.

Противоречия качественной подготовки специалистов к выполнению производственных функций из-за того, что во время обучения осуществляется контроль достижений по теоретической подготовке, а не по производственной деятельности, может быть преодолено за счет разработки и использования тренажеров в учебном процессе.

Ключевые слова: обучение, тренажеры, модель, качество образования, контроль.

Contradiction in relation to high-quality preparation of specialists to implementation of functions of productions in investigation, that during studies control of achievements is carried out from theoretical preparation, instead of production activity, it can be overcome due to development and use of trainers in an educational process.

Keywords: training, fitness, model, quality of education, control.

Мета навчання у вищих навчальних закладах полягає у підготовці майбутнього фахівця до виконання певних виробничих функцій. Освітня кваліфікаційна характеристика (ОКХ) фахівця дозволяє сформулювати освітню професійну програму (ОПП), що містить сукупність дисциплін, необхідних для опанування компетенцій виробничої діяльності (рис. 1). Протиріччя контролю якості навчання є у тому, що під час навчання здійснюється контроль досягнень студентів у навчанні, а не у виробничій діяльності. При цьому за умовчанням приймається, що результати контролю досягнень корельовані з результатами виробничої діяльності. Усувається це протиріччя наближенням навчання до виробництва шляхом використання тренажерів, на яких можна відпрацьовувати завдання щодо управління реальними виробничими процесами.

Внутрішній еліпс (1) схематично відображає коло досяжності питань фахової підготовки за звичайною схемою підготовки фахівців (рис. 1). Зовнішній еліпс (2) відповідає можливостям навчання з використанням тренажерів. Природно, що навчання і контроль підготовки за виділеною областю 2, сприятиме якісній підготовці фахівців у наслідок знайомства майбутніх фахівців з сучасними технологіями виробництва.

Розвиток методів і засобів професійної освіти повинен бути спрямований на об'єктивну оцінку результатів навчального процесу з урахуванням структури знань і можливостей різних організаційних форм навчання. За ринкових відносин система кадрового менеджменту підприємств змінила цільову спрямованість. Управління людськими ресурсами націлено на підвищення ефективності інвестицій в навчання для постійного професійного удосконалення працівників підприємств. Тому використання тренажерів для підвищення кваліфікації персоналу є також першочерговим завданням виробництва.

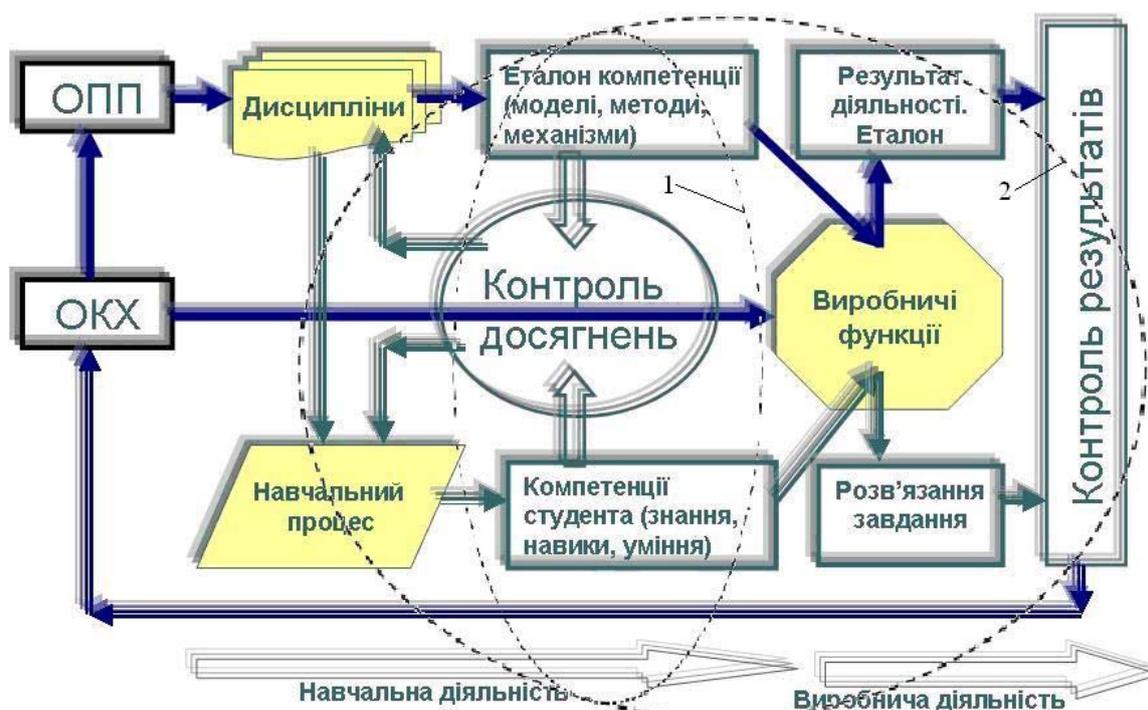


Рисунок 1 – Области досяжності контролю якості освіти:

1 – традиційна навчальна діяльність; 2 – навчання з урахуванням можливостей тренажерів.

Розглянемо приклад побудови тренажера для управління процесами виплавки сталі у дуговій сталеплавильній печі, як системи підтримки прийняття рішень. Відображення технологічних процесів за допомогою розробленої моделі дозволяє створити умови управління віртуальним процесом, що є тотожним до управління реальним процесом.

Побудова системи підтримки прийняття рішень при управлінні технологічним процесом включає розробку структури виробничої системи, алгоритмів і методів управління програмними модулями стадій процесу, а також застосування нейронної мережі для рішення загальної системи рівнянь матеріального балансу і математичного опису рівноваги системи “шлак-метал”.

Система підтримки прийняття рішень для управління процесом містить об'єкти двох класів: інформаційні – банки даних і розрахунково-аналітичні, які на основі математичного моделювання дозволяють одержати дані про стан об'єкта після здійснення відповідних технологічних операцій (рис. 2).

Матеріал кладки печі під впливом високої температури починає інтенсивно переходити в шлак. У кислих печах для кладки подин, стін і склепінь застосовується динасова цегла. З магнезитових виробів формують стіни і подини лужних печей.

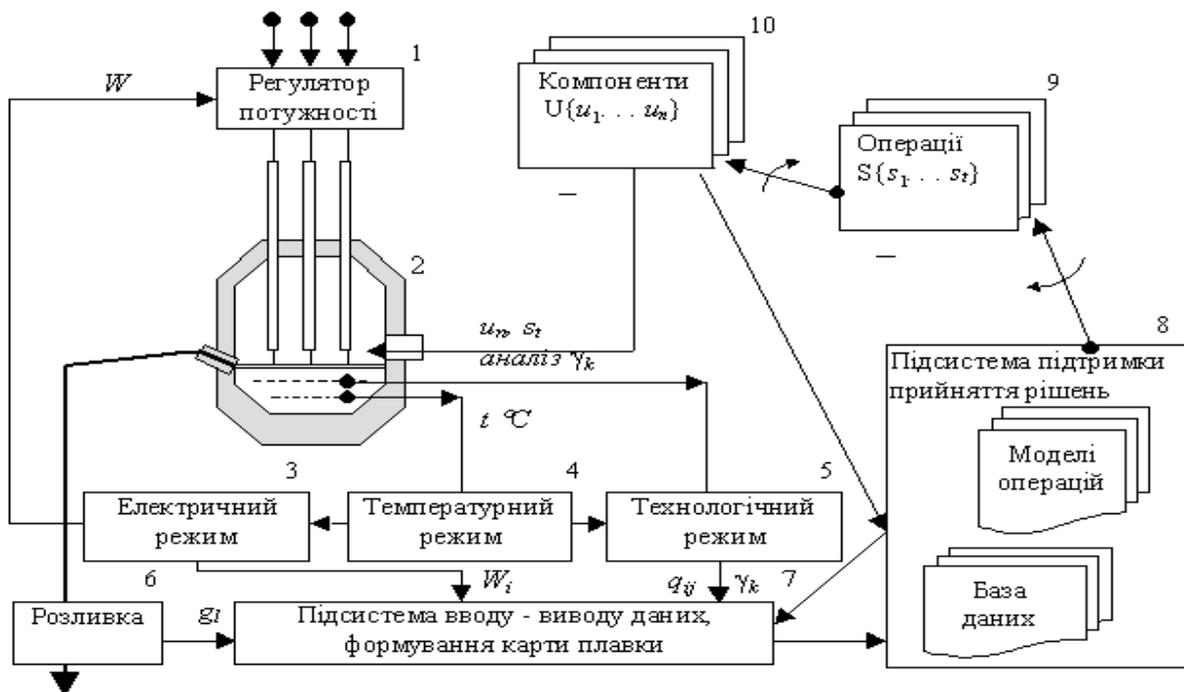


Рисунок 2 – Структура системи підтримки прийняття рішень АСУ ТП:

1 – регулятор потужності; 2 – дугова піч; 3, 4, 5 – регламентні параметри електричного, температурного і технологічного режимів; 6 – розливка металу; 7 – підсистема обліку параметрів плавки; 8 – програмний комплекс підтримки прийняття рішень; 9, 10 – вибір операцій, визначення виду і кількості матеріалів, що завантажуються в піч.

Технологія виплавки сталі в печах різних типів відрізняється застосуванням різних матеріалів для формування шлаку, а також різними скла-

дами шлаків, що утворились під час плавки. Тому вельми важливим є запропонований загальний підхід для урахування особливостей футерівки при моделюванні технологічних процесів, що дозволяє імітувати роботу як з лужними, так і з кислими печами. Після вибору типу процесу автоматично формується масив даних про склад вогнетривких матеріалів. Цей масив служить надалі для визначення маси речовин, що переходять із кладки печі у ванну.

Кожна із стадій процесу (рис. 2) може бути розглянута окремо, але, завдяки побудові системи за модульним принципом, створено уніфікований програмний модуль, керований подіями, для управління будь-якою із стадій процесу. Головне призначення цього модуля – відлік часу процесу у реальному або прискореному темпі, що дозволяє прогнозувати результати технологічних операцій при управлінні процесом. В модулі виконуються також розрахунки параметрів, що змінюються в процесі проведення тієї або іншої стадії: угар металу, розчинення поду і заправки. Для забезпечення наочності виконується комп'ютерна анімація процесу завантаження матеріалів у піч, процесів кипіння, а також горіння електричної дуги. При “натисканні” на відповідні елементи управління екранної форми імітується виконання операцій аналізу металу або вимірювання температури.

Задача розрахунку матеріального балансу може бути зведена до пошуку рішення, при якому буде виконуватися умова:

$$Y = \sum_{k=1}^n (x_k^0 - x_k^r)^2 \leq \xi,$$

де  $x_k^0$ ,  $x_k^r$  – загальна маса  $k$ -го елемента в печі до і після розрахунку рівноваги;  $\xi$  – похибка розрахунку, яка прийнята, виходячи з похибки хімічних аналізів

При цьому  $x_k^0 = x_k^{0s} + x_k^{0m}$ , де індекси  $s$  і  $m$  відносяться до шлаку і металу. Аналогічне рівняння справедливе для продуктів (індекс  $r$ ) металургійних реакцій:  $x_k^r = x_k^{rs} + x_k^{rm}$ . Пошук рішення полягає у визначенні коефіцієнтів розподілу

$$L_k = \frac{x_k^{rs}}{x_k^0} = \frac{x_k^{rs}}{x_k^r}.$$

З балансових рівнянь одержимо вираз для функції неузгодженості розрахунку матеріального балансу для кожного компонента системи:

$$Y_k = x_k^0 - L_k x_k^0 - x_k^{rm} = x_k^0 (1 - L_k) - x_k^{rm} \rightarrow 0.$$

У даному випадку  $x_k^{rm}$  є функцією  $L_k$ , тобто  $x_k^{rm} = f(L_k)$ .

Результати комп'ютерних експериментів показали, що залежність  $Y_k$  від коефіцієнтів розподілу  $L_k$  близька до лінійної. Виявлена властивість

окремих функцій неузгодженості використовується для прямого пошуку  $L_k$ , що забезпечує, на основі таких допущень, потрапляння до області припустимих рішень  $Y_k \leq \xi$ . Якщо відома в першому наближенні залежність має вигляд:

$$Y_k = a + b L_k,$$

то, прийнявши  $Y_k = 0$ , одержимо шукане рішення  $L_{k(opt)} = -a/b$ .

При пошуку рішення з використанням нейронних мереж ефект паралельності обчислень досягається завдяки п'яти нейроконтролерам, кожний з яких формує значення однієї незалежної змінної (рис. 3).

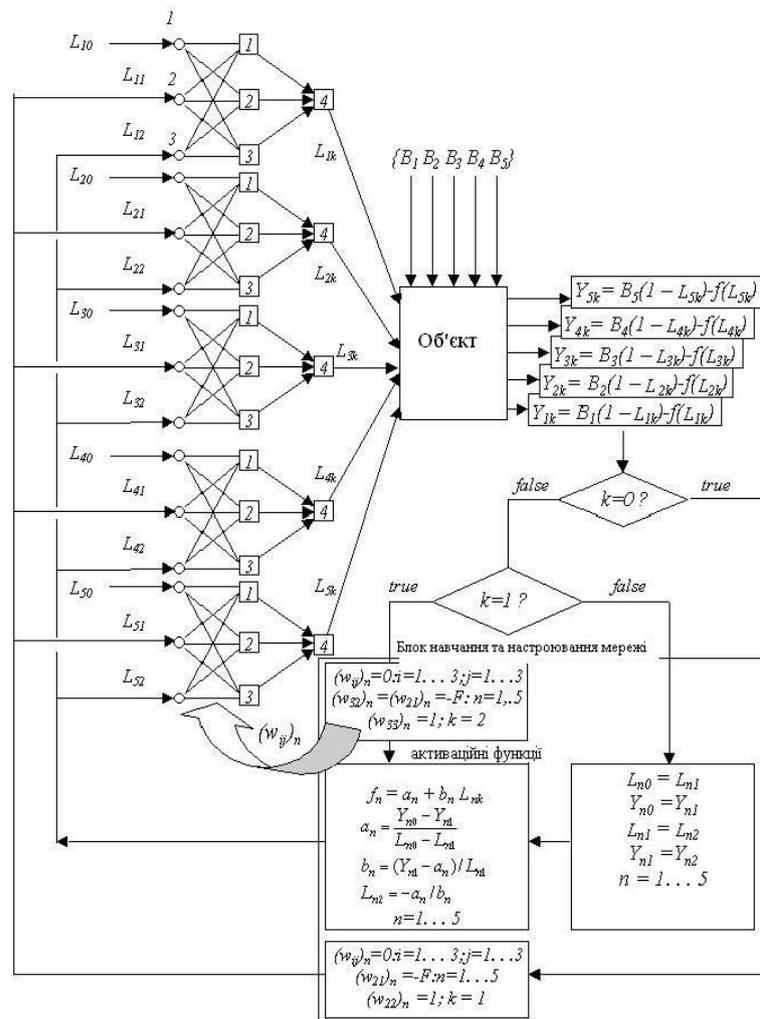


Рисунок 3 – Схема розв'язання рівнянь матеріального балансу і математичного опису рівноваги системи “шлак – метал” стадії окислювання

Активаційною функцією нейрона обрали залежність  $f(s)=s_i$ , яка проходить крізь початок координат. Вихідний сигнал нейрона формується за правилом:

$$f(s) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } s > 1; \\ s, & \text{якщо } 0 \leq s \leq 1; \\ 0, & \text{якщо } s < 0. \end{cases}$$

Управління виходом нейрона можна здійснювати зміною параметрів  $w_{ji}$ ,  $L_{kj}$ ,  $s^o_i$ . Наприклад, при значеннях  $w_{11}=1$ ;  $w_{21}=w_{31}=0$ ;  $s^o_i=0$  вихідною величиною першого нейрона буде значення  $L_{10}$ . При зсуві  $s^o_i \leq -1$  і незмінному значенні інших параметрів нейрон формує сигнал, рівний нулю, що перериває зв'язок даного нейрона з наступним шаром. Зазначена властивість нейронної мережі використана для управління процесом ітераційних обчислень. За рахунок “вимикання” окремих нейронів і динамічного підстроювання нейронна мережа функціонує в режимі структурної дискретності.

Перед початком розрахунку обчислюється маса основних компонентів  $B_j$ . Ці величини служать для контролю збіжності розрахунку. Розрахунок починається для довільно заданого набору значень  $L_{j0}$ . Результатом розрахунку є значення часткових функцій неузгодженості  $Y_{j0}$ .

Далі виконується підстроювання і коригування нейронної мережі для формування нового набору незалежних змінних  $L_{j1}$ . Поданий на вхід нейронів сигнал передається об'єкту (моделі). Досягнення прийняттого рішення відбувається за 4 звернення до моделі, що у порівнянні з методами градієнтного і випадкового пошуку, менше у 150 разів. Час, що витрачається на розрахунок рівноваги, вже не є лімітуючим чинником у застосуванні розробленого математичного опису в системах підтримки прийняття рішень, а також у складі математичного забезпечення навчальних програм.

Інформаційна структура створеної автоматизованої системи управління навчання персоналу побудована за ієрархічним принципом. Сталевар, який навчається, послідовно проходить відповідні рівні навчання: знань, відтворення, уміння і на останньому етапі за допомогою тренажера отримує знання, які дозволять йому приймати ефективні рішення щодо управління ТП виплавки сталі.

Автоматизована система навчання персоналу містить дві складові: систему тестування і комп'ютерний тренажер. Останній не тільки формує практичні навички прийняття рішень з управління процесом, але й наочно відображає сутність процесів, що проходять у сталеплавильній печі. Підготовка персоналу за допомогою систем навчання є першим етапом впровадження АСУ технологічних процесів із застосуванням інформаційних технологій для підтримки прийняття рішень. Відночас розроблений тренажер може бути застосований для професійної підготовки студентів ливарного профілю.

**Список використаних джерел:** 1. Колесникова, Е.В. Математическое описание и расчет равновесия в системе “шлак – металл” / Е.В. Колесникова, Г.В. Кострова // Труды Одес. политехн. ун-та. – Одесса, 2004. – Вып. 2 (22) – С. 139 – 143. 2. Колесникова, Е.В. Апробация компьютерной системы тренинга и обучения сталеваров в условиях реального производства / Е.В. Колесникова, Г.В. Кострова // Материалы 12 семинара “Моделир. в прикл. научн. исслед.” – Одесса : ОНПУ, 2005. – С. 16 – 17.

**МАЗУР М.П.**, д-р техн. наук,  
**ЯНОВСЬКИЙ М.Л.**, Хмельницький, Україна

## **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ І ДИСТРИБУЦІЇ НАУКОВИХ ПУБЛІКАЦІЙ**

В статті пропонується новий підхід до підготовки і дистрибуції електронних видань, у якому автор готує інформаційний контент структурований за рівнем (базовим, поглибленим, тощо). Цей контент розбивається на дидактичні одиниці, із яких потім формується індивідуальне видання для конкретного читача.

В статье предлагается новый подход к подготовке и дистрибуции электронных изданий, где автор готовит информационный контент структурированный по уровню (базовый, углубленный и т.п.). Этот контент разбивается на дидактические единицы, из которых потом формируется индивидуальное издание для конкретного читателя.

In this paper we propose a new approach to the preparation and distribution of electronic books where the author is preparing an information structured in terms of content (basic, advanced, etc.). This content is divided into teaching units, which later formed the individual publication for specific readers

Ми звиклися із фразою «книга – це джерело знань». Це завжди було актуально, особливо у науковій діяльності. Проте, книга – це всього-навсього носій інформації, що доноситься до читача. Таким носієм зараз може бути CD-диск, інформація на екрані комп'ютера або пристрій, що зараз дуже інтенсивно розвивається – електронні книги (e-books). Електронні книги мають всі можливості, притаманні звичайним, але їх основна перевага – це можливість швидкого оновлення інформації і її персоналізації. Якщо звичайна книга, щойно вийшовши із редакції, вже часто застаріває, а також є типовою, розрахованою на всіх, то електронна книга може оновлювати інформацію постійно і містити саме ту інформацію, що потрібна конкретному читачу.

Виходячи із цих можливостей електронних публікацій, на наш погляд слід змінити співвідношення між автором, редакцією і читачем. При існуючій, традиційній технології підготовки інформації, читач практично не впливає на зміст публікації (рис.1,а), одержуючи типову книгу. Аналогічно і автор, не маючи можливості підготувати різні версії, наприклад, підручника (для молодших спеціалістів, бакалаврів, магістрів, фахівців нау-

кового рівня), готує що-небудь одне, частіше всього – більш високого рівня, що абсолютно не потрібно практичним фахівцям.

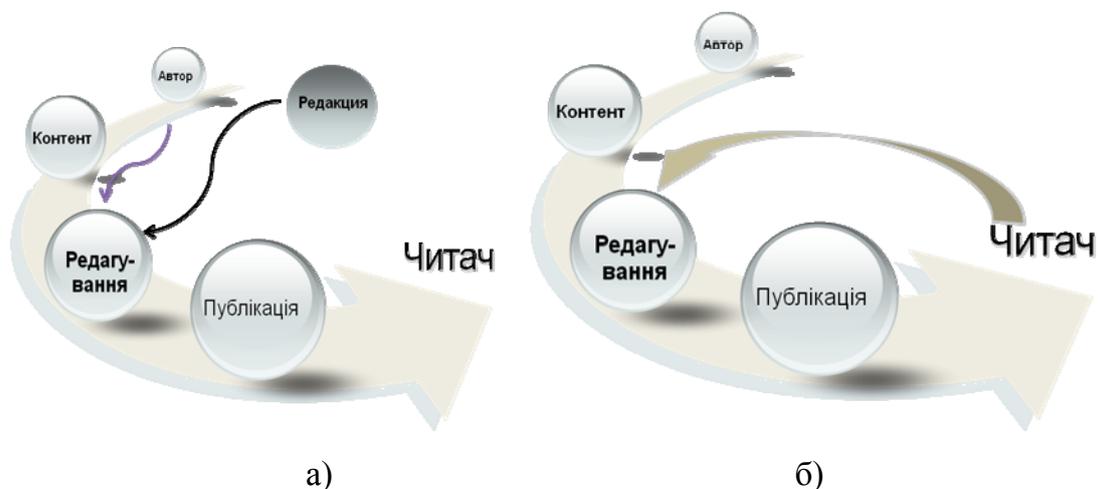


Рисунок 1 – Традиційна і запропонована технологія формування контенту публікації

На наш погляд, сьогодні зміст підручника (публікації) для себе має формувати читач, визначаючи, яка степінь деталізації контенту йому потрібна (рис.1,б). Така деталізація має поширюватись до рівня кожної теми. Наприклад, можна замовити підручник «Основи теорії різання»: фізику процесу різання, трибологію – у найбільш повних версіях, шліфування – у базовому варіанті, і т.п.

Для реалізації цієї технології пропонується контент, підготовлений автором, розбивати на дидактичні (інформаційні) одиниці, присвоюючи кожній індивідуальний код (координати в інформаційному просторі видання) (рис.2). Кожна інформаційна одиниця нестиме фрагмент коду, що відноситиме її до того чи іншого елемента структури теми (рис.3).

12	4	0	24	0	5	0	Активи, зобов'язання і власний капітал підприємства
12	4	0	24	0	6	0	Кожна господарська операція має певні ознаки та по
12	4	0	24	0	7	0	З метою отримання інформації про господарські опе
12	4	0				0	Основою бухгалтерського обліку є первинне спостер
12	4	0				0	Для збереження та передачі результати спостереже



Рисунок 2 – Приклад кодування дидактичних (інформаційних) елементів



Рисунок 3 – Структура теми багатоваріантної наукової публікації

При застосуванні цієї технології змінюється специфіка роботи автора. Він має підготувати матеріал у максимальній комплектації, використовуючи для виділення елементів структури теми різні стилі тексту. Приклад таких стилів, що використовується в системі електронних публікацій дистанційного навчання ХНУ, показаний на рис.4.

Читач, замовляючи публікацію, детально вказує який рівень деталізації йому потрібен по кожній темі. Після цього розроблена інформаційна система [1] вибирає інформаційні елементи кожної теми, що відносяться до замовленого блоку кожної теми, компілює (зшиває) електронну публікацію на боці дистрибутора і у вигляді неподільного блоку поставляє її читачу, з урахуванням його носія (пристрою) інформації. Оскільки профіль замовлення зберігається у дистрибутера, то воно може бути відновлено у випадку втрати інформації чи будь-яких інших аварійних ситуаціях. Такі

підходи однозначно вирішують проблему піратського розповсюдження електронних копій, оскільки іншому замовнику потрібна інша конфігурація інформаційного контенту.



Рисунок 4 – Приклад використання стилів у структурі теми дистанційних курсів

**Список використаних джерел: 1. Мазур М.П., Яновський М.Л., Слободянюк С.М.** Спосіб індивідуального підходу у підборі та формуванні цифрового контенту в системі цифрової дистрибуції. // Патент на винахід №98343 Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на винаходи 10.05.2012.

**РАДЖАБЗАДЕ М., ЗАЛОГА В.А.**, д-р техн. наук,  
**ИВЧЕНКО А.В.**, канд. техн. наук, Сумы, Украина

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУНАРОДНЫХ УНИВЕРСАЛЬНЫХ СТАНДАРТОВ ПРИ СОЗДАНИИ ИНТЕГ- РИРОВАННЫХ СИСТЕМ МЕНЕДЖМЕНТА**

На основі дослідження відповідності між стандартом ISO 9001:2008 і міжнародними стандартами OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004, SA 8000:2008, ISO 27001:2005, а також впливи реалізації основних положень цих стандартів на задоволення вимог і очікувань зацікавлених сторін запропоновані рекомендації по розробці інтегрованих систем менеджменту. Це дозволить комплексно вирішити питання реалізації вимог даних стандартів за рахунок ефективної комунікації усередині організації.

На основе исследования соответствия между стандартом ISO 9001:2008 и международными стандартами OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004, SA 8000:2008, ISO 27001:2005, а также влияния реализации основных положений данных стандартов на удовлетворения требований и ожиданий заинтересованных сторон предложены рекомендации по разработке интегрированных систем менеджмента. Это позволит комплексно решить вопросы реализации требований рассматриваемых стандартов за счет эффективной коммуникации внутри организации.

On the basis of researching conformity between standard ISO 9001:2008 and international standards OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004, SA 8000:2008, ISO 27001:2005, and also realization influences of the main requirements of these standards to meet requirements and expectations of interested parties, some recommendations are proposed on development of integrated management systems. It will allow complexly solve the problems about realization of requirements of studied standards due to effective communication in organization.

### **Введение**

Современное общество характеризуется стремлением к высокой самоорганизации в отношении различных аспектов своей деятельности. Это проявляется в осознании человеком проблем, связанных с построением взаимовыгодных человеческих отношений, охраной окружающей среды, обеспечением безопасности здоровья, а также вопросами совершенствования как отдельной личности, так и общества в целом, посредством улучшения менеджмента организаций.

Такие кардинальные изменения в сознании современного общества не могли не сказаться на отношении потребителя к продукции. Еще совсем недавно, покупатель оценивал продукт или услугу только лишь теми пока-

зателями, которые связаны только с ценой и качеством (в данном случае под качеством мы понимаем и вопросы безопасности продукции). В настоящее же время потребитель все чаще обращает внимания на маркировку продукции различными знаками соответствия и уже склоняется к выбору той продукции, которая отвечает не только требованиям стандартов к самой продукции, но и к менеджменту организаций, которые ее изготовили. Сегодня эти новые вопросы считаются как нетарифные торговые барьеры, которые доказывают, что конкуренция в секторе экономики уже ограничена не только показателями стоимости, качества и терминами поставки [1], но и другими, например, требованиями социальной ответственности и соответствия продукции различным аспектам жизнедеятельности человека, которые регламентируются в настоящее время международными стандартами (МС) ISO 9001 [2], OHSAS 18001 [3], ISO 14001 [4], SA 8000 [5] и ISO 27001 [6], разработанными как ответ на требования мировой экономики по указанным вопросам. Целью этих стандартов является нормализация требований в торговле качественной продукцией (услугами), и, в особенности, минимизация торговых барьеров, а также обеспечение равного доступа к международным рынкам. Вместе с тем, как показывают проведенные исследования, использование большого количества разных систем менеджмента в одной организации, достаточно часто приводит к неэффективному управлению, что обуславливается необходимостью выполнения множества параллельных процессов, в ходе которых в значительной мере «впустую» дополнительно расходуются колоссальные ресурсы организации (человеческие, финансовые, временные и др.). Кроме того, одновременное использование разных систем менеджмента в одной организации в некоторых случаях может приводить и к конфликту между ними.

Неэффективная коммуникация внутри организации при практической реализации требований нескольких МС одновременно может даже привести к потере конкурентоспособности организации со всеми, вытекающими из этого, последствиями. Например, в организации есть два отдела – «Отдел управления качеством» и «Отдел экологического менеджмента», которые работают «сами по себе». Организация, на основе требований МС ISO 9001, управляет деятельностью по изготовлению качественной продукции «Отдел управления качеством», но при этом технологический процесс производства этой продукции является условно экологически безопасным – используются вспомогательные материалы – химические вещества, которые при испарении наносят урон окружающей среде (в пределах допустимых норм), трудно утилизируемые после использования, но

имеющие на несколько порядков меньшую стоимость, чем вещества из натурального сырья, не оказывающих влияние на состояния окружающей среды. В тоже время, организация декларирует о том, что проводит различные программы по управлению экологическими аспектами, которыми занимается «Отдел экологического менеджмента» выполняя требования МС ISO 14001, но вопрос данного технологического процесса рассматривается, только в части решения проблемы утилизации химического вещества.

Рациональное решение приведенной ситуации заключается в использовании вещества из натурального сырья, что позволит рассматриваемой организации получить явный экономический эффект от сокращения дорогостоящей части технологического процесса – утилизации использованного химического вещества и не явный экономический эффект – декларирование снижения вредного влияния на окружающую среду, что позитивно сказывается на имидже организации и ее конкурентоспособности в целом.

Таким образом, становится актуальным решение научно-практической задачи по организации эффективного менеджмента, направленного на реализацию требований международных стандартов в сфере управления путем минимизации расходов всех видов ресурсов на основе интеграции управления в единую систему.

**Целью данной работы является** обоснование возможности повышения результативности и эффективности систем менеджмента организации на основе исследований взаимодействия требований международных стандартов ISO 9001:2008, OHSAS 18001, ISO 14001, SA 8000 и ISO 27001 путем разработки рекомендаций по их интеграции.

**1 Краткий обзор структуры, требований и преимуществ от внедрения международных стандартов ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004 SA 8000:2008 и ISO 27001:2005.**

Следует отметить, что все перечисленные МС могут применяться организациями любого типа и размера с разным географическим положением, культурными и социальными особенностями.

**1.1 Международный стандарт ISO 9001:2008 «Системы менеджмента качества. Требования».**

Прототипом данного стандарта является британский стандарт BS 5750, который известен как стандарт управления и определяет не то, что выпускать, а как необходимо управлять производственным процессом.

Согласно данным работы [7] международные стандарты ISO серии 9000 являются в области ведения бизнеса самыми известными международными стандартами из-за их воздействия на мировую торговлю в тече-

ние времени с конца 80-х до начала 90-х годов прошлого столетия. В настоящее время принят международный стандарт ISO 9001:2008 «Системы менеджмента качества. Требования» [2]. Данный стандарт состоит из 8 разделов, 25 пунктов и 39 подпунктов. Основное внимание данного стандарта сосредоточено на требованиях к системе менеджмента качества; ответственности руководства; менеджменте ресурсов; выпуске продукции; измерениях, анализе и улучшениях.

## **1.2 Международная спецификация OHSAS 18001:2007 «Системы менеджмента охраны здоровья и безопасности труда. Требования»**

80-е года прошлого столетия характеризуются громкими судебными процессами во многих странах мира по вопросам несоблюдения норм и правил в сфере охраны здоровья и безопасности труда (ОЗиБТ), приведшим к возникновению несчастных случаев на производстве. Последствием этого явились огромные издержки производителей по судебным выплатам, а также привело к ужесточению законодательства в области ОЗиБТ. Для минимизации рисков в данной области управления многие организации реализовали самые различные мероприятия по оценке соответствия своих ОЗиБТ законодательным требованиям. Однако данные мероприятия не принесли ожидаемых результатов, в первую очередь из-за отсутствия структурированной системы менеджмента, которая была бы интегрирована во все виды деятельности организации [3].

В 2007 британская организация BSI издала стандарт OHSAS 18001:2007 [8], который в основном относится к охране здоровья и безопасности труда, и практически совсем не относится к таким областям, как программы благополучия/благополучия сотрудников, безопасность продукции, ущерб собственности организаций или воздействия на окружающую среду. В основу данного стандарта положена методология, известная как PDCA (Plan-Do-Check-Act).

Стандарт состоит из 4 разделов, 6 основных пунктов и 15 подпунктов. Основное внимание в нем сосредоточено на вопросах устранения или минимизации рисков для персонала и других заинтересованных сторон, которые могут подвергаться опасностям в области ОЗиБТ, которые связаны с осуществляемыми организацией видами деятельности; уменьшения несчастных случаев и улучшения показателей деятельности в области ОЗиБТ.

Разработка, внедрение и сертификация системы менеджмента на соответствие требованиям стандарта OHSAS 18001:2007 позволяет организации, во-первых, контролировать риски в области ОЗиБТ и, во-вторых, вы-

работать политику, сформулировать цели и разработать процессы для достижения декларируемых обязательств в области ОЗиБТ.

### **1.3 Международный стандарт ISO 14001:2004 «Системы экологического менеджмента. Требования и руководство по применению»**

Научно-технический прогресс в XX веке способствовал не только развитию промышленности и повышению уровня качества жизни, но и поставил перед современным обществом много вопросов, связанных с состоянием окружающей среды.

В 2004 году была принята редакция МС ISO 14001:2004 [4], требования которого распространяются на экологические аспекты, которые организация идентифицирует как такие, которыми она может управлять и на которые она может оказывать влияние. Этот МС основан на уже упомянутой методологии PDCA.

МС ISO 14001:2004 состоит из 4 разделов, 6 основных пунктов и 15 подпунктов. Он устанавливает требования к системе экологического менеджмента с целью оказания помощи организациям в разработке и внедрении политики и целей с учетом законодательных и других, принятых организацией, а так же информации о существенных экологических аспектах.

Разработка, внедрение и сертификация системы менеджмента на соответствие требованиям МС ISO 14001:2004 позволяет организации: минимизировать затраты, связанные с различными выплатами в сфере защиты окружающей среды (штрафы, налоги и др.); повысить соответствие технологических процессов национальным и международным требованиям в данной области; снизить потребление различных природных ресурсов; повысить конкурентоспособность предприятия в целом за счет признания организации, как организации, принимающей активное участие в сфере защиты окружающей среды.

### **1.4 Международный стандарт SA 8000:2008 «Социальная ответственность»**

Конец прошлого столетия характеризуется становлением относительно нового подхода к выбору поставщиков различной продукции и услуг. Наряду с вопросами охраны окружающей среды остро встал вопрос об использовании в развивающихся странах при изготовлении продукции с мировыми брендами негуманных условий труда.

Эффективным решением данной проблемы стало принятие международного стандарта SA 8000:2008, требования которого можно использовать для проведения аудитов соответствия требованиям социальной ответственности [10]. Этот стандарт состоит из 4 разделов, 9 основных пунктов

и 50 подпунктов. Основное внимание данного стандарта сосредоточено на требованиях к: использованию детского труда; использованию принудительного труда; здоровью и безопасности персонала; свободе создания и выбора ассоциаций и прав на ведение коллективных переговоров; дискриминации; использованию дисциплинарных мер; продолжительности рабочего дня; системе оплаты труда и системы менеджмента в целом.

Основная цель данного международного стандарта заключается в гарантировании потребителю того, что продукция, содержащая соответствующую маркировку, изготовлена в организации, которая обеспечивает социальные гарантии в соответствии с международными правовыми актами и работает с поставщиками, которые также отвечают данным требованиям.

Основные преимущества от внедрения системы менеджмента на соответствие данному МС можно свести к следующим: улучшение мотивации и морального состояния работников за счет требуемой организации рабочего места и соблюдения социальных гарантий; уменьшение текучести кадров, а также дополнительный инструмент к привлечению высококлассных специалистов из других организаций; уменьшение бизнес – рисков, связанных с вопросами социальной ответственности организации, а также расширение рынков сбыта ее продукции; соблюдение социальных гарантий на уровне международных требований, а также повышение конкурентоспособности национальных компаний.

### **1.5 Международный стандарт ISO 27001:2005 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасности. Требования»**

Современное общество невозможно представить без информационных технологий, получивших особенно широкое развитие во второй половине XX века. Преимущества от использования данных технологий в настоящее время сложно переоценить, но, вместе с тем, их использование имеет, все-таки, и ряд недостатков, наиболее существенный из которых относится к информационной безопасности организации. Сейчас многие компании уже осознали потребность не только в обеспечении имиджа организации, поставляющей качественные услуги и продукцию, но и организации, которая обеспечивает защиту от несанкционированного разглашения информации как собственной, так и потребителя.

В 2005 году был принят МС ISO 27001:2005 (заменив BS 7799-2), который стал по своей структуре совместим с международными стандартами ISO 9001, ISO 14001 и ISO 17799.

Требования, установленные в МС ISO 27001:2005, могут быть использованы в целях сертификации практически любой организации [6].

Этот МС состоит из 8 разделов, 13 пунктов и 9 подпунктов. МС ISO 27001:2005 определяет требования при создании, внедрении, эксплуатации, постоянном контроле, анализе, поддержании в рабочем состоянии и улучшении документированной системы менеджмента информационной безопасности (СМИБ) в контексте общих деловых рисков организации. Основой этого МС является модель процессного подхода согласно принципам, регламентируемым методологией PDCA.

Основные преимущества от внедрения системы менеджмента на соответствие этому МС являются: повышение эффективности управления информационной безопасностью; удовлетворение требований и ожиданий потребителя в сфере информационной безопасности; минимизация рисков потери информации; расширение рынков сбыта продукции за счет возможности выполнения договорных обязательств по защите информации.

Таким образом, подводя итог проведенному анализу, можно с уверенностью сказать, что в настоящее время обеспечение конкурентоспособности организаций на мировом уровне возможно только лишь при наличии сертифицированных систем управления, которые соответствуют требованиям различных международных стандартов, в том числе и рассматриваемых в данной статье.

## **2 Сравнительный анализ требований международных стандартов ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004 SA 8000:2008 и ISO 27001:2005. Перспективы их интеграции.**

Краткая сравнительная характеристика рассматриваемых МС по их структуре, основному объекту внимания, устанавливаемым требованиям, применяемым подходам и определяющим требованиям по реализации основных положений этих МС приведены в таблице 1.

Для дальнейшего анализа в качестве базовых требований, определяющих совместимость реализации общих требований МС на системы менеджмента, были выбраны требования МС ISO 9001:2008. Данный выбор осуществлен на основе рекомендаций международной организации по стандартизации ISO, приведенных во введении к стандарту ISO 9001:2008 в пункте «Совместимость с другими системами менеджмента».

Таблица 1 – Краткая сравнительная характеристика международных стандартов по системам менеджмента

Обозначение стандарта	Количество			Стандарт устанавливает	Основной объект внимания, на который ориентирован стандарт	Определяющие требования для реализации основных положений стандарта	Применимые подходы
	разделов	пунктов	подпунктов				
1	2	3	4	5	6	7	8
ISO 9001	8	25	39	Требования к системе менеджмента качества в тех случаях, когда организация: а) нуждается в демонстрации своей способности всегда поставлять продукцию, отвечающую требованиям потребителей и соответствующим законодательным и регламентирующим требованиям; б) ставит своей целью повышение удовлетворенности потребителей посредством эффективного применения системы менеджмента качества, включая процессы постоянного ее улучшения, и обеспечение соответствия требованиям потребителей и соответствующим законодательным и регламентирующим требованиям.	Удовлетворенность потребителя	1 Требования, установленные потребителями, включая требования к поставке и деятельности после поставки. 2 Требования, не определенные потребителем, но необходимые для конкретного или предполагаемого использования. 3 Законодательные и регламентирующие требования, применимые к продукции. 4 Любые дополнительные требования, которые необходимы для организации.	1 Процессный подход 2 Цикл PDCA
OHSAS 18001	4	6	15	Требования к системе менеджмента охраны здоровья и обеспечения безопасности труда (ОЗиОБТ), чтобы дать возможность организации управлять рисками для здоровья и безопасности и улучшать свои показатели деятельности в области ОЗиОБТ.	Деятельность по охране здоровья и обеспечению безопасности при выполнении служебных обязанностей работников	Законодательные нормативные и другие требований к ОЗиОБТ, применимые к конкретной организации	1 Процессный подход 2 Цикл PDCA
ISO 14001	4	6	15	Требования к системе экологического менеджмента, позволяющие организации разработать и внедрить экологическую политику и цели, учитывающие законодательные и другие требования, которые организация обязалась выполнять	Экологические аспекты, которые организация идентифицировала как те, которыми она может управлять и на которые может влиять	Законодательные и другие требования, которые организация обязалась выполнять и которые имеют отношение к ее экологическим аспектам	1 Процессный подход 2 Цикл PDCA

1	2	3	4	5	6	7	8
SA 8000	4	9	50	Требования, основанные на международных нормах по правам человека и национальном законодательстве в сфере трудовых взаимоотношений, которые позволяют обеспечить социальную защиту и права человека персоналу организации, декларирующую соответствие данному стандарту, персоналу ее поставщиков (субподрядчиков), а также лицам, работающим для целей данной организации на дому	Соблюдение прав человека в организации, создание и поддержание соответствующих условий на рабочем месте	Требования национальных и международных законодательных актов, промышленных норм и правил, а также документов, соответствие которым организация задекларировала в области социальной ответственности	----
ISO 27001	8	13	9	Требования к системе управления информационной безопасностью, позволяющие гарантировать адекватность и пропорциональность механизмов безопасности, которые обеспечивают защиту информационных ресурсов и вызывают доверие у заинтересованных сторон.	Управление рисками в области информационной безопасности	1 Требования бизнеса к информационной безопасности 2 Требования законодательства в области информационной безопасности 3 Требования нормативных документов в сфере информационной безопасности 4 Контрактные обязательства в области информационной безопасности	1 Процессный подход 2 Цикл PDCA

Основные результаты анализа соответствия между требованиями стандарта ISO 9001:2008 и требованиями MC OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004, SA 8000:2008, ISO 27001:2005 приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Соответствие между стандартом ISO 9001:2008 и международными стандартами OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004, SA 8000:2008, ISO 27001:2005

ISO 9001:2008	OHSAS 18001:2007	ISO 14001:2004	SA 8000:2008	ISO 27001:2005
1	2	3	4	5
4.1 Система менеджмента качества. Общие требования	4.1	4.1	----	4.1
4.2.1 Требования к документации. Общие положения	4.4.4	4.4.4	1.2; 3.3; 9.8	4.3.1
4.2.2 Руководство по качеству	4.4.4	4.4.4	----	4.3.1
4.2.3 Управление документацией	4.4.5	4.4.5	----	4.3.2
4.2.4 Управление записями	4.5.4	4.5.4	9.16	4.3.3

1	2	3	4	5
5.1 Обязательства руководства	4.2; 4.4.1	4.2; 4.4.1	3.1; 3.4; 3.5; 3.7; 3.8; 9.1; 9.4; 9.7; 9.11	5.1
5.2 Ориентация на потребителя	4.3.1; 4.3.2; 4.6	4.3.1; 4.3.2; 4.6	3.1; 3.6; 3.8	5.1
5.3 Политика в области качества	4.2	4.2	1.2; 9.1	5.1
5.4.1 Цели в области качества	4.3.3	4.3.3	9.5	5.1
5.4.2 Планирование создания, поддержания и улучшения системы менеджмента качества	4.3.3	4.3.3	9.5	5.1
5.5.1 Ответственность и полномочия	4.1; 4.4.1	4.1; 4.4.1	9.5	5.1
5.5.2 Представитель руководства	4.4.1	4.4.1	3.2; 9.2	5.1
5.5.3 Внутренний обмен информацией	4.4.3.1; 4.4.3.2	4.4.3	1.2; 4.1; 9.11; 9.13; 9.14	5.1
5.6.1 Анализ со стороны руководства. Общие положения	4.6	4.6	9.4	7.1
5.6.2 Входные данные для анализа	4.6	4.6	9.4	7.2
5.6.3 Выходные данные анализа	4.6	4.6	9.4	7.3
6.1 Обеспечение ресурсами	4.4.1	4.4.1	3.1; 3.4; 3.5; 3.7; 3.8; 9.11	5.2.1
6.2.1 Человеческие ресурсы. Общие положения	4.4.2	4.4.2	9.5	5.2.1
6.2.2 Компетентность, подготовка и осведомленность	4.4.2	4.4.2	9.5; 9.10	5.2.1; 5.2.2
6.3 Инфраструктура	4.4.1	4.4.1	3.1; 3.7; 3.8; 9.11	5.2.2
6.4 Производственная среда		----	3.1; 3.7; 3.8	5.2.2
7.1 Планирование выпуска продукции	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.3; 3.6; 9.5	----
7.2.1 Определение требований, относящихся к продукции	4.3.1; 4.3.2; 4.4.6	4.3.1; 4.3.2; 4.4.6	1.3; 2.1; 2.2; 2.4; 3.1; 3.3; 3.6; 3.8; 3.9; 7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5; 9.6	----
7.2.2 Анализ требований, относящихся к продукции	4.3.1; 4.4.6	4.3.1; 4.4.6	3.1; 3.3; 3.6; 3.8; 3.9	----
7.2.3 Связь с потребителями	4.4.3.1; 4.4.3.2	4.4.3	1.2; 9.7; 9.11; 9.13; 9.14	----
7.3.1 Планирование проектирования и разработки	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.3; 3.6; 9.5	----
7.3.2 Входные данные для проектирования и разработки	4.4.6	4.4.6	1.3; 2.1; 2.2; 2.4; 3.1; 3.3; 3.6; 3.8; 7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5; 9.6	----
7.3.3 Выходные данные проектирования и разработки	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.3; 3.6; 9.5	----
7.3.4 Анализ проектирования и разработки	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.6; 9.5	----
7.3.5 Верификация проекти-	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.6; 9.5	----

1	2	3	4	5
рования и разработки				
7.3.6 Валидация проектирования и разработки	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.6; 9.5	-----
7.3.7 Управление изменениями проектирования и разработки	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.6; 9.5	-----
7.4.1 Процесс закупок	4.4.6	4.4.6	2.2; 2.4; 3.1; 3.6; 9.7; 9.8; 9.9; 9.10	-----
7.4.2 Информация по закупкам	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.6	-----
7.4.3 Верификация закупленной продукции	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.6	-----
7.5.1 Управление производством и обслуживанием	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.3; 3.6; 9.5	-----
7.5.2 Валидация процессов производства и обслуживания	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.3; 3.6; 9.5	-----
7.5.3 Идентификация и прослеживаемость	-----	-----	-----	-----
7.5.4 Собственность потребителей	-----	-----	-----	-----
7.5.5 Сохранение продукции	4.4.6	4.4.6	3.1; 3.3; 3.6	-----
7.6 Управление оборудованием для мониторинга и измерений	4.5.1	4.5.1	-----	-----
8.1 (Измерение, анализ и улучшение). Общие положения	4.5.1	4.5.1	9.5; 9.7; 9.10	-----
8.2.1 Удовлетворенность потребителей	-----	-----	3.8	-----
8.2.2 Внутренний аудит	4.5.5	4.5.5	9.15	6
8.2.3 Мониторинг и измерение процессов	4.5.1; 4.5.2	4.5.1; 4.5.2	9.5; 9.7; 9.10; 9.12	4.2.3
8.2.4 Мониторинг и измерение продукции	4.5.1; 4.5.2	4.5.1; 4.5.2	9.5; 9.7; 9.10	4.2.3
8.3 Управление несоответствующей продукцией	4.4.7; 4.5.3.2	4.4.7; 4.5.3	3.3; 3.4; 3.5; 9.5; 9.11; 9.12	-----
8.4 Анализ данных	4.5.1	4.5.1	9.5; 9.7; 9.10	-----
8.5.1 Постоянное улучшение	4.2; 4.3.3; 4.6	4.2; 4.3.3; 4.6	9.1; 9.4; 9.5; 9.12; 9.15	8.1
8.5.2 Корректирующие действия	4.5.3.2	4.5.3	9.7; 9.11; 9.12	8.2
8.5.3 Предупреждающие действия	4.5.3.2	4.5.3	3.1; 9.7; 9.11; 9.12	8.3

Результат данного анализа можно представить в виде диаграммы, приведенной на рис. 1, которая отображает процентное соотношение пунктов МС на системы менеджмента, содержащих аналогичных (сходные) требования с требованиями пунктов МС ISO 9001.

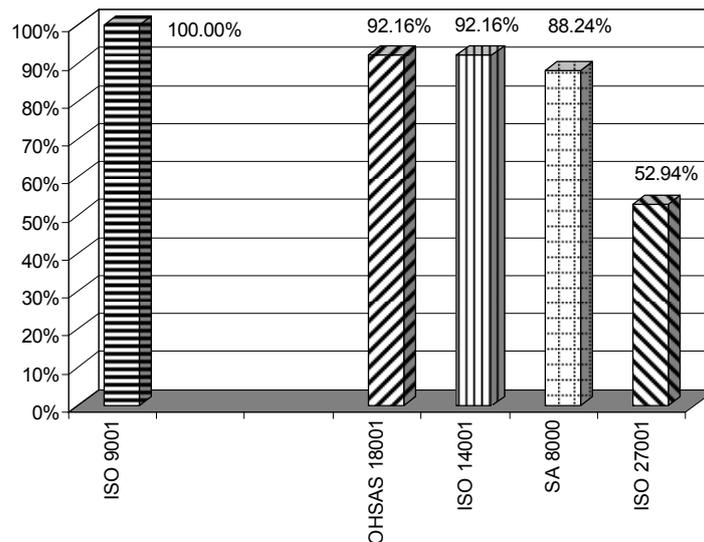


Рисунок 1 – Соотношение пунктов МС на системы менеджмента, содержащих аналогичных (сходные) требований с требованиями пунктов МС ISO 9001. Приведенные результаты анализа свидетельствуют о том, что такие стандарты, как МС OHSAS 18001 и ISO 14001, имеют 92,16% пунктов, содержащих сходные требования к системе менеджмента качества с требованиями пунктов МС ISO 9001, принятых за 100%, что можно по шкале «функции Харрингтона охарактеризовать оценкой «очень хорошо»»; МС SA 8000 содержит 88,24% таких пунктов – оценка тоже «очень хорошо»; МС ISO 27001 содержит только 52,94% - оценка «удовлетворительно».

Проведение сравнительного анализа требований рассматриваемых МС нельзя ограничивать только лишь сравнением пунктов, содержащих аналогичные требования к системам менеджмента. Это связано с тем, что применение МС на системы менеджмента в организации, в первую очередь, направлено на реализацию концепции по достижению организацией устойчивого успеха посредством удовлетворения требований и ожиданий всех заинтересованных сторон. МС ISO 9004:2009 [11] определяет понятие «заинтересованные стороны», как отдельных людей и / или сообщества (коллектива), которые добавляют ценность организации или заинтересованы в эффективной деятельности организации.

Для проведения дальнейшего исследования взаимодействия требований МС на системы менеджмента предложено использовать рекомендации МС ISO 9004:2009 [11], разбивающим заинтересованные стороны на 5 категорий, которые можно характеризовать показателями их потребностей и ожиданий, приведенными в табл. 3.

Таблица 3 – Заинтересованные стороны и показатели, характеризующие их потребности и ожидания [11]

Заинтересованная сторона		Показатель
1	Потребители	1 Качество 2 Стоимость продукции (услуги) 3 Условия поставки продукции
2	Владельцы / акционеры	1 Устойчивый доход 2 Прозрачность бизнеса
3	Персонал организации	1 Хорошие условия работы 2 Гарантия занятости 3 Признание и поощрение
4	Поставщики и партнеры	1 Взаимная выгода и непрерывность
5	Общество	1 Защита окружающей среды 2 Этичное поведение 3 Соответствие законодательным и регламентирующим требованиям

*Примечание.* МС допускает существенное отличие в структуре самих категорий заинтересованных сторон, на которую могут влиять отрасль, в которой функционирует организация, культура страны, национальные признаки и др.

Результаты исследований влияния реализации организацией основных положений всех рассматриваемых МС на удовлетворения требований и ожиданий заинтересованных сторон можно представить виде обобщенной таблицы 4. В ней приведены заинтересованные стороны (столбец 44), которые определены посредством выделения соответствующих показателей (см. табл. 3), характеризующих удовлетворение и ожидание той или иной заинтересованной стороны через основные положения рассматриваемых МС на системы менеджмента. Данные показатели могут как прямо непосредственно характеризовать удовлетворение заинтересованной стороны в выполнении организацией соответствующих требований МС, например, в МС ISO 9001 требования п. 1 характеризуются показателем качества продукции для потребителя, так и косвенно, т.е. характеризовать какой-то скрытый интерес той или иной заинтересованной стороны, например, п. 5 в МС ISO 9001 – прозрачность бизнеса и устойчивый доход для акционеров. Табл. 4 содержит и такой показатель, регламентируемый МС ISO 27001, как защита информации, характеризующий удовлетворение требований и ожиданий всех заинтересованных сторон - потребителей, персонала, поставщиков и акционеров) и расширяющий рамки их ожиданий в современных условиях все возрастающего интереса в использовании информационных технологий. Таким образом, ответом на ужесточение требований современного рынка является принятие и широкое применение МС на системы менеджмента. Вместе с тем, «однобокое», очень характерное для настоящего времени, использование данных стандартов, т.е. толь-

ко лишь в рамках одной заинтересованной стороны, не позволяет в полной мере эффективно использовать весь потенциал, заложенный разработчиками в данные МС. Очевидно, что уже настало время создания на основе рассматриваемых МС таких интегрированных систем, которые бы отвечали условию удовлетворения требований и ожиданий всех, без исключения, заинтересованных сторон.

Таблица 4 – Влияния реализации основных положений МС на удовлетворения требований и ожиданий заинтересованных сторон

Обозначение стандарта	Определяющие требования для реализации основных положений стандарта	Показатель	Заинтересованная сторона
1	2	3	4
ISO 9001	1 Требования, установленные потребителями, включая требования к поставке и деятельности после поставки	1.1 Стоимость продукции 1.2 Качество 1.3 Условия поставки продукции	1 Потребитель
	2 Требования, не определенные потребителем, но необходимые для конкретного или предполагаемого использования	2.1 Соответствие законодательным и регламентирующим требованиям	1 Потребитель 2 Общество
	3 Законодательные и регламентирующие требования, применимые к продукции	3.1 Соответствие законодательным и регламентирующим требованиям	1 Потребитель 2 Общество
	4 Любые дополнительные требования, которые необходимы для организации	4.1 Соответствие законодательным и регламентирующим требованиям	1 Общество
		4.2 Взаимная выгода и непрерывность	1 Поставщики
	5 Требование постоянного улучшения системы менеджмента качества	5.1 Качество 5.2 Стоимость продукции	1 Потребитель
5.3 Прозрачность бизнеса 5.4 Устойчивый доход		1 Акционеры	
OHSAS 18001	1 Законодательные нормативные и другие требования к ОЗиОБТ, применимые к конкретной организации	1.1 Соответствие законодательным и регламентирующим требованиям	1 Персонал 2 Общество 3 Акционеры 4 Потребитель
	2 Управление рисками для здоровья и безопасности персонала в конкретной организации	Хорошие условия работы	1 Персонал 2 Общество 3 Акционеры 4 Потребитель
	3 Улучшение показателей деятельности в области ОЗиОБТ конкретной организации		
ISO 14001	1 Законодательные и другие требования, которые организация обязалась выполнять и которые имеют отноше-	1.1 Соответствие законодательным и регламентирующим требованиям	1 Общество

1	2	3	4
	ние к ее экологическим аспектам	1.2 Защита окружающей среды	1 Потребитель 2 Общество
SA 8000	1 Требования национальных и международных законодательных актов, промышленных норм и правил, а также документов, соответствие которым организация задекларировала в области социальной ответственности	1.1 Соответствие законодательным и регламентирующим требованиям	1 Персонал 2 Общество
		1.2 Гарантия занятости	
		1.3 Этичное поведение	1 Персонал
		1.4 Хорошие условия работы	2 Потребитель
		1.2 Признание и поощрение	1 Персонал
ISO 27001	1 Требования бизнеса к информационной безопасности 2 Требования законодательства в области информационной безопасности 3 Требования нормативных документов в сфере информационной безопасности 4 Контрактные обязательства в области информационной безопасности	1 Защита информации	1 Потребитель 2 Акционер 3 Персонал 4 Поставщики
		2 Соответствие законодательным и регламентирующим требованиям	1 Общество

На рисунке 2 представлена схема взаимодействия требований международных стандартов посредством общих показателей удовлетворения требований и ожиданий заинтересованных сторон.

Примером взаимодействия МС, могут быть, требования п.п. 7.5.4 МС ISO 9001 [2] «Собственность потребителей»: «...Организация должна проявлять заботу о собственности потребителя, пока она находится под управлением организации или используется ею. Организация должна идентифицировать, верифицировать, защищать и сохранять собственность потребителя, предоставленную для использования или включения в продукцию. Если собственность потребителя утеряна, повреждена или признана непригодной для использования, организация должна известить об этом потребителя и поддерживать записи в рабочем состоянии (п.п. 4.2.4 МС ISO 9001).

*Примечание.* Собственность потребителя может включать в себя интеллектуальную собственность и сведения личного характера...».

Интеллектуальная собственность, может включать, например, чертежи изделий, переданные потребителем для изготовления изделий, вопрос защиты и сохранности которых регламентирован требованиями МС ISO 27001.

Другим примером взаимодействия данных МС, может быть реализация организацией требований МС OHSAS 18001 и SA 8000 «хорошие ус-

ловия работы». Оба стандарта направлены на реализацию концепции «организация рабочего места для персонала», однако если MC OHSAS 18001 рассматривает данную концепцию только со стороны гарантирования здоровья и безопасности персонала, уменьшения количества несчастных случаев на предприятии и ухудшения состояния здоровья рабочих, связанных с производственными условиями работы, то MC SA 8000 рассматривает данную концепцию со стороны гарантирования организации рабочего места в соответствии с законодательными нормами в области соблюдения прав человека и социальных гарантий.

Дополнительный анализ данных табл. 1 показывает, что в MC ISO 9001, OHSAS 18001, ISO 14001 и ISO 27001 задекларировано и явно обозначено в моделях управления организацией использование процессного подхода и методологии PDCA. Вместе с тем, MC SA 8000 не декларирует использования данного инструментария. В то же время анализ табл. 2 показывает аналогичность некоторых требований, содержащихся в MC SA 8000, с требованиями MC ISO 9001 в части реализации методологии PDCA, что может стать предметом их рассмотрения в интегрированной системе. Анализ табл. 1 подтверждает, что и в остальных рассматриваемых стандартах OHSAS 18001, ISO 14001 и ISO 27001 инструменты процессного подхода и методологии PDCA являются применимыми в качестве того общего показателя, который может обеспечить возможность интеграции этих стандартов в единую систему.

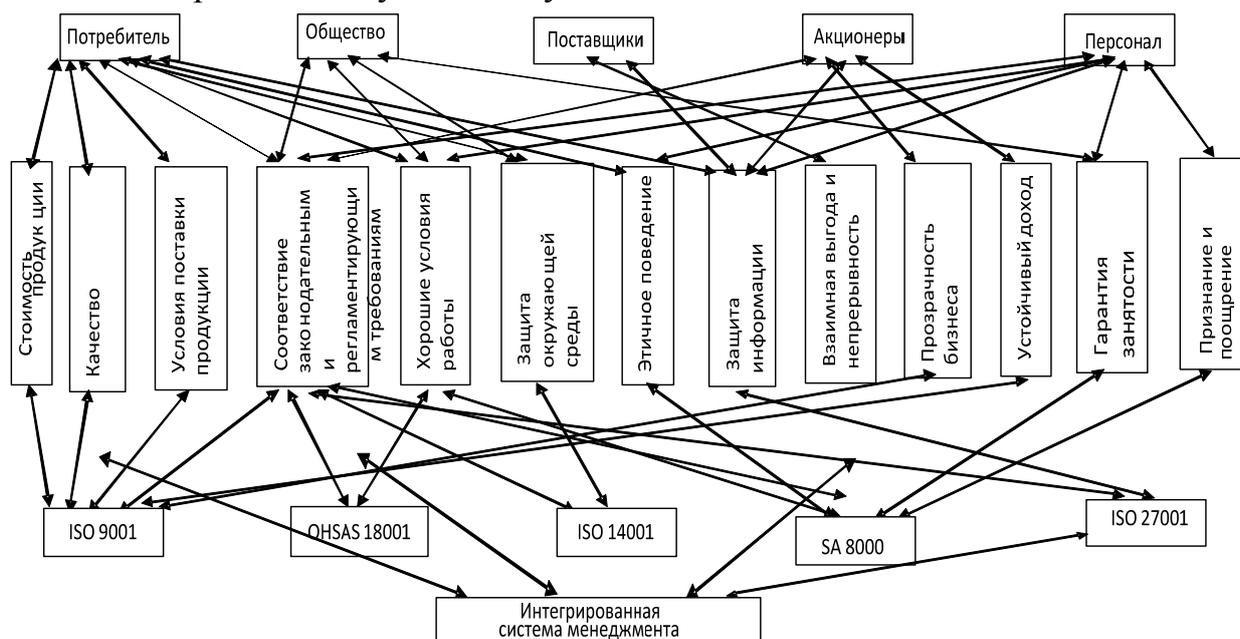


Рисунок 2 – Схема взаимодействий различных стандартов экономики

## **Вывод**

По результатам исследований требований международных стандартов ISO 9001:2008, OHSAS 18001:2007, ISO 14001:2004 SA 8000:2008 и ISO 27001:2005 можно сделать следующие выводы.

1 МС являются ответом на требования мировой экономики по вопросам соответствия продукции различным аспектам жизнедеятельности человека. Целью этих стандартов является нормализация требований в торговле, и, в особенности, минимизация количества торговых барьеров и обеспечение равного доступа к международным рынкам.

2 Построение и поддержание в работоспособном состоянии различных систем менеджмента, соответствующих требованиям этих МС для организаций, вызывает, как правило, увеличение расхода всех видов ресурсов. Результативная, а главное эффективная, работа организации по реализации данных мероприятий позволяет не только минимизировать ресурсы, но и получить дополнительный эффект, который может проявиться, например, в признании организации и/или ее продукции лидером в определенной сфере деятельности (лауреаты различных премий по качеству, национальных и международных конкурсов, связанных с экономическими, экологическими и социальными программами, и т.п.).

3 В настоящее время, в связи с необходимостью с целью удовлетворения требований и ожиданий всех заинтересованных сторон одновременного использования в одной организации нескольких международных и национальных стандартов усиливается проблема коммуникаций в ней, которая является общей для предприятий различных отраслей экономики и форм собственности. Выполнение требований потребителей, законодательных актов и нормативных документов без системного подхода не позволяет организации достичь необходимого результата, а построение деятельности без учета методологии PDCA не позволяет организации достичь максимальной эффективности своей деятельности.

4 Одним из инструментов реализации системного подхода и методологии управления PDCA в организации является разработка и внедрение интегрированной системы менеджмента, которая позволит комплексно решить вопросы реализации требований рассматриваемых МС при использовании рационального объема всех видов ресурсов.

**Список использованных источников:** **1.** SA-8000: A vital tool for garment industry [Электронный ресурс] / Knitting, Hosiery. – Режим доступа: <http://www.indian textilejournal.com>. **2.** Quality management systems – Requirements: ISO 9001:2008. – 36 p. **3.** Occupational health and safety management systems – Requirements: OHSAS 18001:2007. – 34 p. **4.** Environmental management systems – Requirements with guidance for use: ISO 14001:2004. – 32 p. **5.** Social Accountability: SA 8000:2008. – 10 p. **6.** Information technology – Security techniques – Information security management systems – Requirements: ISO/IEC 27001:2005. – 44 p. **7.** Evolution of an International Information Security Standard [Текст] // JBW Group International. – Volume 2. – No 2. – pp.1-2. **8.** Presentation of understanding OHSAS 18001:1999 and ANSI Z-10 [Электронный ресурс] / Ron Henderson. – Режим доступа: [asq.org/ee/tech/Henderson%20.ppt](http://asq.org/ee/tech/Henderson%20.ppt). **9.** History and Evolution of ISO 14000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.kcg.com.sg>. **10.** SA 8000 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://en.wikipedia.org>. **11.** Managing for the sustained success of an organization — A quality management approach: ISO 9004:2009. – 54 p.

*Ю. В. ФАДЕЄВА*, Харків, Україна

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ КОРПОРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ**

Стаття присвячена дослідженню стану корпоративного управління на машинобудівних підприємствах України та виявленню недоліків у процесі розвитку корпоративних відносин на вітчизняному фондовому ринку, тому що підвищення рівня корпоративного управління може дати швидкий та помітний фінансовий ефект та забезпечити зростання капіталізації.

Статья посвящена исследованию состояния корпоративного управления на машиностроительных предприятиях Украины и выявлению недостатков в процессе развития корпоративных отношений на отечественном фондовом рынке, так как повышение уровня корпоративного управления может дать быстрый и заметный финансовый эффект и обеспечить рост капитализации.

Article is devoted to the study of corporate governance in machine-building enterprises of Ukraine and identify short comings in the development of corporate relations in the domestic stockmarket, so that raising corporate governance can provide rapid and significant financial effect and ensure the growth of capitalization.

Перехід України до ринкової економіки супроводжувався приватизацією та корпоратизацією підприємств. Найпоширенішою формою організації підприємницької діяльності стала акціонерна, що пояснюється її численними перевагами над іншими (можливість передавати права власності та, разом з тим, контроль над підприємством; збільшувати капітал шляхом додаткової емісії акцій, зберігаючи фінансову стійкість АТ тощо).

На сьогоднішній день власниками іменних цінних паперів є 17,2 млн. фізичних осіб, що складає понад третину населення України; приблизно три чверті промислового потенціалу України функціонує у вигляді акціонерної форми власності. Дві третини загальної чисельності промислово-виробничого персоналу України працюють на підприємствах акціонерної форми власності.

Разом з тим сучасний стан корпоративного управління в Україні характеризується низьким рівнем корпоративної культури, невідповідністю існуючої практики корпоративного управління загальноприйнятим принципам, недостатньою координацією дій органів державного управління у

сфері регулювання корпоративних відносин, неефективністю управління державними корпоративними правами тощо.

Тому в сучасних умовах необхідним є розвиток корпоративних відносин, особливо на підприємствах машинобудівної галузі, що сприятиме залученню інвестицій в економіку України, розвитку фондового ринку та зростанню національного багатства. Питання корпоративного управління досить гостро стоїть у акціонерних товариствах машинобудівної галузі особливо у зв'язку з необхідністю привести у відповідність до вимог Закону України «Про акціонерні товариства» установчі документи та змінити форму випуску акцій.

Метою дослідження є аналіз сучасних тенденцій реалізації корпоративного управління на машинобудівних підприємствах. Об'єктом дослідження обрано машинобудівні підприємства Харківської області, що мають акціонерну форму власності, а саме ВАТ «РОСС» (ВАТ «Харківський завод агрегатних станків»), ВАТ «Завод ім. Фрунзе», ВАТ «Харківський завод штампів і пресформ», ВАТ «Харківський підшипниковий завод», ВАТ «Харківський тракторний завод ім. С. Орджонікідзе», ВАТ «Турбоатом», ВАТ «Світло Шахтаря», ВАТ «Потенціал», ВАТ «Гідропривід Харківський завод», ВАТ завод «Індекс», ВАТ «ХЗЕМІ», ВАТ «Електромашина», ВАТ Укрелектромаш ХЕЛЗ», ВАТ «Трансв'язок», ВАТ «Теплоавтомат», ВАТ «Точприбор», ВАТ «Вовчанський агрегатний завод», ВАТ «Лозовськийковальський-механічний завод», ВАТ «Автрамат», ЗАТ «Фінпрофіль».

Основними напрямками дослідження реалізації корпоративного управління на обраних підприємствах є питання реорганізації, обрання голови та членів наглядової ради, прийняття рішень про припинення їх повноважень як можливі причини скликання останніх позачергових зборів протягом 2011 року, наявність та різновиди комітетів у складі наглядової ради, компетенція органів акціонерного товариства з питань визначення стратегії, існування внутрішніх документів акціонерного товариства, в т. ч. власного кодексу і т. ін.

Досліджувані підприємства створені не класичним шляхом об'єднання капіталів, а шляхом приватизації, практика їхнього становлення як акціонерних товариств і функціонування не відповідали існуючим у світі. Саме цей факт визначає особливості корпоративного управління на вітчизняних підприємствах. Однією з таких особливостей є поєднання функції управління та власності. Але на досліджуваних підприємствах спосте-

рігається тенденція до зниження частки менеджменту в акціонерному капіталі.

Протягом 2009-2011 років позачергових загальних зборів на вказаних підприємствах майже не проводилось. Причиною скликання проведених зборів було обрання голови та членів наглядової ради або прийняття рішень про припинення їх повноважень. Питання реорганізації, внесення змін до статуту, збільшення або зменшення статутного капіталу не поставали.

Вагомим недоліком корпоративних відносин у машинобудівному секторі України є практична відсутність комітетів у складі наглядової ради, хоч українські та міжнародні принципи корпоративного управління вважають доцільним наявність таких структур, а також рекомендують впровадження в наглядовій раді посаду корпоративного секретаря. На жодному із досліджених підприємств до кінця 2011 року комітетів створено не було. У структурі наглядової ради інших машинобудівних підприємств України, що мають корпоративну форму управління, інколи зустрічаються комітети стратегічного планування, аудиторські комітети, комітети з питань призначень та винагород, а також інвестиційні комітети, але посаду корпоративного секретаря майже не впроваджено.

Серед вимог, що висунуті до членів наглядової ради у внутрішніх документах досліджуваних підприємств, найбільш поширеними є галузеві знання та досвід роботи в галузі (47% досліджених підприємств) та особисті якості, такі як чесність та відповідальність (46% досліджених підприємств). Крім того серед вимог зустрічаються знання у сфері фінансів і менеджменту та відсутність конфлікту інтересів. Вимог щодо віку членів наглядової ради не виявлено. 13% підприємств, що було досліджено взагалі не висувають жодних вимог. Такий низький перелік вимог до членів наглядової ради свідчить про недостатній рівень розвитку та впровадження корпоративних відносин у машинобудівному секторі Харківського регіону.

На більшості з досліджених підприємств (73%) питання визначення стратегії належать до компетенції загальних зборів, але є підприємства (20% опитаних) де ці питання не належать до компетенції жодного з внутрішніх органів акціонерного товариства. Це, наприклад, ВАТ «Гідропривід Харківський завод», ВАТ Укрелектромаш ХЕЛЗ», ВАТ «Вовчанський агрегатний завод» та ін.

Далеко не всі господарські товариства приділяють належну увагу внутрішнім корпоративним документам. Та саме ці документи доволі часто стають предметами суперечок у випадку невірного укладання, в той час

коли вірно укладені документи вирішують різноманітні конфлікти. Такими документами можуть бути Положення про загальні збори акціонерів, про наглядову раду, про виконавчий орган (правління), про посадових осіб акціонерного товариства, про ревізійну комісію, про акції акціонерного товариства, про порядок розподілу прибутку та ін.. Але серед досліджуваних підприємств внутрішні нормативні документи майже не укладені, що свідчить про недостатній рівень розвиненості корпоративних відносин. За допомогою цих документів, укладених у відповідності до чинного законодавства, можливо віднайти та встановити оптимальну модель управління для окремого товариства.

Ще одним важливим аспектом у діяльності акціонерного товариства є розкриття інформації щодо своєї діяльності. Сутність розкриття інформації полягає у забезпеченні доступу зацікавлених осіб, у тому числі самих акціонерів, до повної та достовірної інформації про виробничо-господарську та іншу значну діяльність підприємства.

Впровадження системи розкриття інформації про корпорації відбулося у США на початку 20 ст., а її метою була стабілізація фондового ринку. Досвід країн з розвиненими й активно функціонуючими фондовими ринками показує, що розкриття інформації є потужним інструментом впливу на діяльність підприємств і захист прав інвесторів. Розкриття інформації має велике значення для підвищення ефективності діяльності самого товариства, оскільки повна та достовірна інформація надає можливість керівництву об'єктивно оцінити досягнення товариства та розробити стратегію його подальшого розвитку.

Майже всі з досліджуваних підприємств фінансову звітність та інформацію щодо результатів своєї діяльності розповсюджують на загальних зборах, публікується у пресі, оприлюднюється в загальнодоступній інформаційній базі даних ДКЦПФР про ринок цінних паперів. Також документи надаються для ознайомлення безпосередньо в акціонерному товаристві, копії документів надаються на запит акціонера, а інформація розміщується на власній інтернет-сторінці акціонерного товариства.

Крім того оприлюднюється інформація про акціонерів, які володіють 10% та більше статутного капіталу, про склад органів управління товариства, статут та внутрішні документи (на власній інтернет-сторінці та на запит акціонерів), протоколи загальних зборів акціонерів після їх проведення.

Інформація щодо розміру винагороди посадових осіб акціонерного товариства не оприлюднюється.

Серед вітчизняних акціонерних товариств не розповсюджено звертатись до консультантів у сфері корпоративного управління чи фінансового менеджменту. Протягом останніх кількох років досліджувані підприємства не отримували платних послуг таких консультантів, що відображає застійні явища у процесі розвитку вітчизняних корпоративних відносин.

Останнім часом у багатьох закордонних компаніях з'явилися кодекси корпоративного управління. Практика великих міжнародних корпорацій свідчить про те, що наявність власного кодексу дійсно допомагає у вирішенні широкого спектра завдань.

Корпоративні кодекси почали широко використовуватися у розвинених країнах з 80-х років ХХ ст. Зараз ці кодекси мають 80% фірм, що входять у перелік 500 кращих компаній світу. Але серед досліджуваних вітчизняних машинобудівних підприємств, що мають корпоративну форму управління, немає жодного, де було б створено власний корпоративний кодекс.

Створення корпоративного кодексу – це один із способів забезпечення інформативної відкритості та публічності компанії, свідчення дотримання високих стандартів корпоративної поведінки. Такий кодекс покращує імідж підприємства у зовнішньому світі, скорочує шлях організації до виходу на всеукраїнський та міжнародний ринки, до іноземних інвестицій тощо. А його відсутність є суттєвим недоліком у діяльності вітчизняних корпорацій.

Таким чином стає зрозуміло, що існуюча ситуація у корпоративному секторі машинобудівних підприємств України потребує реалізації конкретних заходів на рівні окремих підприємств корпоративного типу. Бо якість корпоративного управління є значним фактором ефективності діяльності підприємства. В умовах фінансової кризи вартість позикового капіталу залишається високою, а залучення зовнішніх ресурсів шляхом випуску акцій практично відсутнє. Тому підвищення рівня корпоративного управління може дати швидкий та помітний фінансовий ефект, забезпечити зменшення вартості капіталу підприємства та зростання його капіталізації.

**Список використаних джерел:** 1. *В. І. Отенко*. Стратегічний вибір підприємства та його реалізація: Монографія. – Х. :ФОП Павленко О. Г.; ВД «ІНЖЕК», 2010. – 336 с. 2. *Н. М. Дави-денко*. Сучасний стан корпоративного управління в Україні.: Науково-технічний збірник №89. 3.Електронний ресурс: [www.smida.gov.ua](http://www.smida.gov.ua).

## ЗМІСТ

<i>Профессор Матяш Хорват</i> .....	3
<b>ФІЗИКА ТА МЕХАНІКА ПРОЦЕСІВ ОБРОБКИ МАТЕРІАЛІВ</b>	
<i>Бовнегра Л.В., Становский П.А., Шихирева Ю.В.</i> Оценка состояния режущего инструмента с помощью параболического преобразования видеопотока со сходящей стружки.....	8
<i>Вайсман В.А., Величко С.А.</i> Особенности изготовления и применения шариковых винтовых передач в машиностроении .....	17
<i>Внуков Ю.Н., Логоминов В.А., Каморкин П.А., Кондратюк Э.В., Кришталь В.А.</i> Особенности концевое фрезерования мало жестких деталей типа «защемленных пластин» Часть 1 .....	23
<i>Внуков Ю.Н., Логоминов В.А., Каморкин П.А., Кондратюк Э.В., Кришталь В.А.</i> Особенности концевое фрезерования мало жестких деталей типа «защемленных пластин» Часть 2 .....	32
<i>Внуков Ю.Н., Логоминов В.А., Каморкин П.А., Кондратюк Э.В., Кришталь В.А.</i> Особенности концевое фрезерования мало жестких деталей типа «защемленных пластин» Часть 3 .....	42
<i>Лавриненко С.Н., Запорожченко Е.Е., Сазонова М.С., Мамалис А.Г.</i> Модель аналитического определения толщины среза при микрофрезеровании многозубым инструментом.....	52
<i>Лобанов В.К., Пашкова Г.И.</i> Исследование остаточных напряжений в литых алюминиевых корпусах редукторов гусеничных машин .....	58
<i>Менумеров Э.Р., Меметов С.Р., Якубов Ч.Ф.</i> Исследование влияния модифицированных СОТС растительной природы на составляющие силы резания .....	65
<i>Мицык А.В., Федорович В.А., Фадеев В.А.</i> Эффективность новых разновидностей способа вибрационной обработки деталей .....	74
<b>ІНТЕГРОВАНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ</b>	
<i>Абдулгасис Д.У., Абдулгасис У.А., Ягьяев Э. Э., Якубов Ч.Ф.</i> Перспективы использования наноматериалов на основе углерода в качестве эндотермической антифрикционной присадки к масляным СОТС .....	82

<i>Абдулкеримов И.Д.</i> Технологическое обеспечение герметичности резьбовых соединений деталей на основе поверхностно пластического деформирования .....	88
<i>Билявский М.Л.</i> Повышение износостойкости режущей кромки при торцевом фрезеровании с предварительным пластическим деформированием.....	95
<i>Владецкая Е.А., Братан С.М., Харченко А.О.</i> Повышение виброустойчивости шлифовальных станков плавучих ремонтных мастерских.....	103
<i>Проконив Н.М., Харченко О.В., Геворкян Э.С., Гуцаленко Ю.Г., Панова А.Н., Беда А.А., Мисчанчук А.В.</i> Термодесорбционная вакуумная очистка твердых сплавов после спекания в газовых средах....	112
<i>Тонконогий В.М., Гогунский В.Д., Становская И.И.</i> Принятие решения о выборе способа литья в нечетких условиях литейного производства .....	122
<i>Фадеев А.В.</i> Технологии финишной обработки прецизионных деталей летательных аппаратов .....	129
<i>Шабдинов М.Л., Измаилова Г.М., Полях Д.М.</i> Использование сварочных технологий в заготовительном производстве изделий из титановых сплавов.....	142
<i>Шевяков В.Б., Подолян С.Ф., Руденко В.Н.</i> Метод извлечения полезной работы из энергии космического излучения .....	147
<b>ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ</b>	
<i>Братан С.М., Каинов Д.А., Стреляная Ю.О., Новиков П.А.</i> Проблемы выбора критериев качества при производстве и эксплуатации деталей и машин .....	153
<i>Вайсман В.А., Гогунский В.Д., Тонконогий В.М.</i> Методологические основы управления качеством: факторы, параметры, измерение, оценка.....	160
<i>Джемилев Э.Ш.</i> Моделирование взаимодействия рабочей поверхности брусков с заготовкой при хонинговании конических отверстий.....	166

<i>Залога В.А., Дынник О.Д., Ивченко А.В.</i> Разработка метода оценки результативности системы управления качеством заготовительного производства машиностроительного предприятия .....	179
<i>Залога В.А., Ивченко А.В., Удод Н.М.</i> Исследование требований документов по качеству грунта в Украине и странах ЕС .....	192
<i>Раджабзаде М., Залога В.А., Ивченко А.В.</i> Конкурентоспособность организаций через призму статистических данных о сертификации на соответствие требований международного стандарта SA 8000 .....	198
<b>ОРГАНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА: ТЕНДЕНЦІЇ РОЗВИТКУ</b>	
<i>Залога В.А., Ивченко О.В., Погоржельская Ю.О., Хярм В.М.</i> Рекомендации по выбору метода прогнозирования качества протекания процессов инструментальной подготовки производства .....	208
<i>Колесникова К.В., Вайсман В.А., Величко С.О.</i> Разработка марковской модели состояний проектно управляемой организации .....	217
<i>Райцу С., Драгу В., Бурицу С., Стефаника К.</i> Обзор свойств сети общественного транспорта в связи с территориальной функцией .....	223
<i>Савельева О.С.</i> Нетрадиционная математическая экспресс-модель надежности сложных систем с резервированием .....	232
<i>Танасоу А, Копачи И., Илиас Н.</i> Особенности сопротивления несущих конструкций железнодорожных вагонов ударным нагрузкам ...	243
<i>Танасоу А, Копачи И., Никола А.</i> К вопросу о процессе поглощения удара при эксплуатации железнодорожного подвижного состава .....	250
<b>ЕКОНОМІКА ТА ОСВІТА</b>	
<i>Балла Дж.</i> Человеческий ресурс как инструмент в технологических системах развития пространственной экономической структуры.....	256
<i>Балла Дж.</i> Измерение пространственной экономической структуры характеристики предприятия в Северо-венгерском регионе.....	264
<i>Дашич П., Авдеенко А.П.</i> Анализ реферативных журналов с импакт-фактором Сербии и Украины .....	273
<i>Ковалев А.И.</i> Документирование в системах информационного обеспечения высших учебных заведений. Часть 1 .....	282

<b>Ковалев А.И.</b> Документирование в системах информационного обеспечения высших учебных заведений. Часть 2 .....	292
<b>Колесникова К.В., Вайсман В.А., Тонконогий В.М., Лопаков О.С.</b> Построение автоматизированной системы гренинга персонала дуговой сталеплавильной печи .....	304
<b>Мазур М.П., Яновський М.Л.</b> Современные технологии подготовки и дистрибуции научных публикаций .....	311
<b>Раджабзаде М., Залого В.А., Ивченко А.В.</b> Исследование взаимодействия международных универсальных стандартов при создании интегрированных систем менеджмента .....	315
<b>Фадеева Ю. В.</b> Исследование состояния корпоративного управления машиностроительных предприятий Украины .....	333

Науково-виробниче видання

# **СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ В МАШИНОБУДУВАННІ**

Збірник наукових праць  
Українською, російською та англійською мовами

## **Випуск 7**

Відповідальний за випуск: проф. *В. О. Федорович*

Матеріали відтворено з авторських оригіналів

Підп. до друку 17.07.2012 р. Формат 70×100 1/16. Папір офісний.

RISO-друк. Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 20,0.

Наклад 300 прим. Зам. № \_\_\_\_\_ від 19.07.2012

---

Видавничий центр НТУ «ХПІ».

Свідоцтво про державну реєстрацію ДК № 116 від 10.07.2000 р.  
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21

---

Друкарня ДП ХМЗ "ФЕД". Україна 61023, м. Харків, вул. Сумська, 132.

Тел./факс: (057) 719-67-82.