

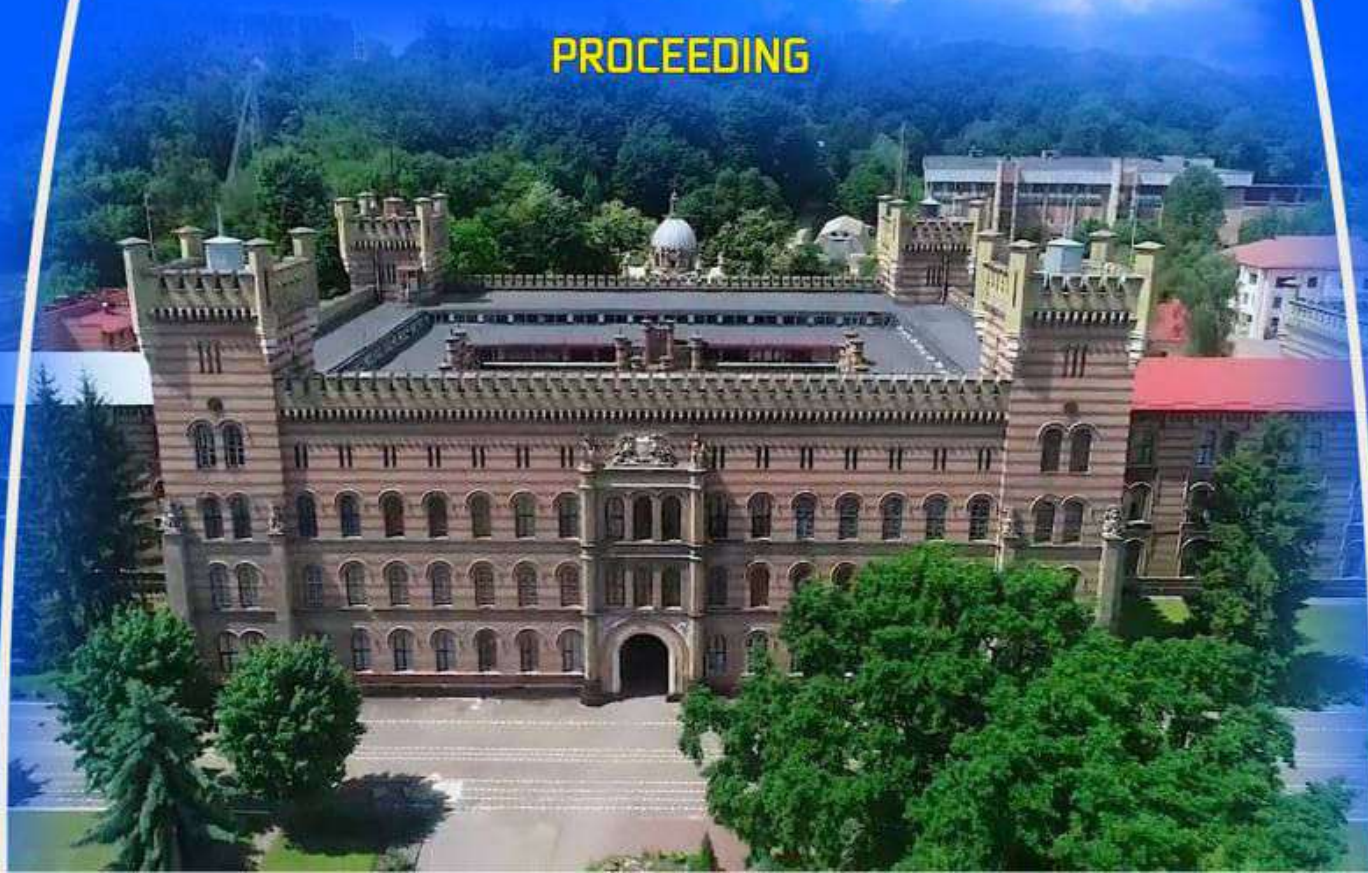
ДЕРЖАВНА СЛУЖБА НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ
НАУКОВЕ ТОВАРИСТВО МОЛОДИХ ВЧЕНИХ

**3-Я МІЖВУЗІВСЬКА КОНФЕРЕНЦІЯ «СУЧАСНІ
МЕТОДИ ПРОВЕДЕННЯ НАУКОВИХ
ДОСЛІДЖЕНЬ СЬОГОДЕННЯ ТА ПОСТУП»**

ПРАЦІ

**III-INTERGRESSING
CONFERENCE "MODERN METHODS OF
SCIENTIFIC RESEARCH AND PROGRESS"[®]**

PROCEEDING



УДК 621.833:621.7

**БАГАТОПАРАМЕТРИЧНИЙ СИНТЕЗ
КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ КОРПУСУ
РЕДУКТОРА ТА ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ
З ІСНУЮЧИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ**

*Васильєва О.Е., д.т.н., професор кафедри ПМіМ,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності*

Сучасний стан

Багатокритеріальні оптимізаційні задачі в залежності від того, в якому вигляді виявляється дія різних критеріїв, поділяються на п'ять класів [7]. Для розв'язання цієї задачі приймаємо третій клас – множину умов, тобто технічна система повинна функціонувати в різних умовах, для кожної з яких якість функціонування характеризується деяким частковим критерієм. Ефективність системи визначається в цьому випадку сукупністю величини критеріїв для кожної з умов. Часткові критерії мають однакову природу та однакову розмірність.

Що стосується машинознавства, а саме редукторів, то до основних конструктивних елементів корпусу редуктора (їх можна вважати критеріями) відносять: товщину стінки корпусу δ ; товщину верхнього поясу фланця корпусу b_{ϕ} ; товщину нижнього поясу корпусу (без бобишек) p ; товщину ребер корпусу m_p ; діаметр отвору під фундаментні болти d_1 ; діаметр отворів під болти біля підшипників d_2 ; діаметр отворів під болти для з'єднання корпусу з кришкою d_3 ; відстань від зовнішньої поверхні стінки корпусу до осі болтів $d_1, d_2, d_3 - c_i$; ширину нижнього та верхнього поясів корпусу K_i ; висоту бобишек під болт $d_2 -$ штифта $d_{ш}$ та його довжину $l_{ш}$; найменший зазор між зовнішньою поверхнею зубчастого колеса та стінкою корпусу по діаметру A та по торцях A_1 .

На підставі рекомендацій [8] основним чинником, від якого залежать майже всі конструктивні елементи корпусу є товщина його стінки δ . Тому на підставі розгляду напружено-деформованого стану корпусу від зусиль, які діють в процесі роботи зубчастої передачі, визначимо значення товщини стінки корпусу δ .

Постановка проблеми

Основною проблемою сучасного машинобудування є забезпечення згідно із службовим призначенням обґрунтованого вибору оптимальної структури та параметрів запроектованої конструкції. Важливим і відповідальним етапом проектування, виготовлення та експлуатації будь-якої конструкції є початковий етап, на якому розробляються принципові схеми, ескізні проекти та вибирається оптимальний варіант, тобто виконується синтез конструктивного рішення. Ефективність цих рішень впливає на собівартість розробленої конструкції виробу та її експлуатаційні показники.

Тому була поставлена задача розробити методологію, яка б дозволила синтезувати конструктивні елементи корпусів циліндричної зубчастої передачі, тобто на підставі результатів досліджень розробити оптимізаційну математичну модель синтезу конструктивних елементів корпусів редукторів.

Мета роботи

Провести синтез конструктивних елементів корпусу одноступеневого та двоступеневого редукторів, для порівняння з вже існуючими конструктивними елементами корпусів (на прикладі редукторів компанії «GlobalProm» м. Харків). Даний результат також підтвердити при використанні для аналізу напружено-деформованого стану корпусів редукторів методом скінчених елементів та системою SolidWorks.

Виклад основного матеріалу

Розглянемо використання розробленої в попередніх дослідженнях математичної моделі для розрахунку та синтезу конструктивних елементів корпусів вже розроблених

конструкцій одноступеневих і двоступеневих редукторів. За основу приймаємо конструкції редукторів компанії «GlobalProm» (Україна, м. Харків): одноступеневий редуктор типу 1ЦУ-200-6,3-11-У3 (рис.1) і двоступеневий типу 1Ц2У-100-20-12-У1 (рис.2).



Рис.1. Одноступеневий редуктор типу 1ЦУ-200-6,3-11-У3

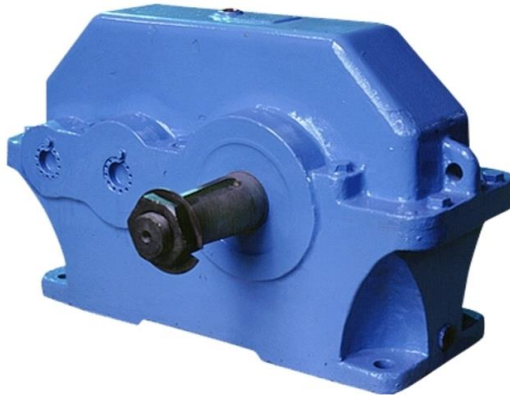


Рис.2. Двоступеневий редуктор типу 1Ц2У-100-20-12-У1

На першому етапі розглянемо розрахунок і багатопараметричний синтез конструктивних елементів

корпусу редуктора **1ЦУ-200-6,3-11-У3** з використанням пакету прикладних програм «Корпус» (додаток Б) [3].

Вхідні дані для розрахунку: $m_n = 2,5$ мм; $u_{12} = 6,3$; $\beta = 9^\circ$; $\alpha_n = 20^\circ$; $d_1 = 58,22$ мм; $d_2 = 352,11$ мм; $d_3 = d_4 = 0$; $d_{a1} = 63,22$ мм; $d_{a2} = 382,35$ мм; $d_{a3} = d_{a4} = 0$; $a_{w12} = 200$ мм; $a_{w23} = 0$; $D_1 = 90$ мм; $b_{п1} = 24,75$ мм; $D_2 = 140$ мм; $b_{п2} = 36$ мм; $D_3 = 0$; $b_{п3} = 0$; $n = 1450$ хв⁻¹; $S = 49629$ грн/т; $S_e = 2500$ грн/т; $B = 155$ грн; $k_M = 1$; $H = 300\%$; $\Sigma O_j = 18$; $Q_{П} = 6700$ грн; $\alpha = 1,4$; $a_1 = 50$ кВт; $b_1 = 105$ кВт; $a_2 = 1,2$; $b_2 = 1,5$; $a_3 = 5000$ год; $b_3 = 6000$ год; $a_4 = 278$ год; $b_4 = 333$ год; $a_5 = 0,94$; $b_5 = 0,98$; $a_6 = 60$ МПа; $b_6 = 80$ МПа; $[p] = 0,9$; $B_1 = 85$ мм; $B_{2т.в.к} = 83$ мм; $l_{k1} = 26$ мм; $l_{k2} = 30$ мм; $l_{k3} = 0$; $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; $d = 58$ мм.

Таблиця 1

Технічні характеристики редукторів

Типорозміри редукторів	1ЦУ-200-6,3-11-У3	1Ц2У-100-20-12-У1
Передаточне число	6,3	20
Номінальний обертовий момент на тихохідному валу, Н·м	2000	315
Маса, кг	135	37
ККД	0,98	0,97
Потужність, яка передається, кВт, max/min	105/50	12/2
Габаритні розміри: довжина x ширина x висота, мм	580x212x425	390x155x230

Після введення вхідних даних був отриманий результат (рис. 3).

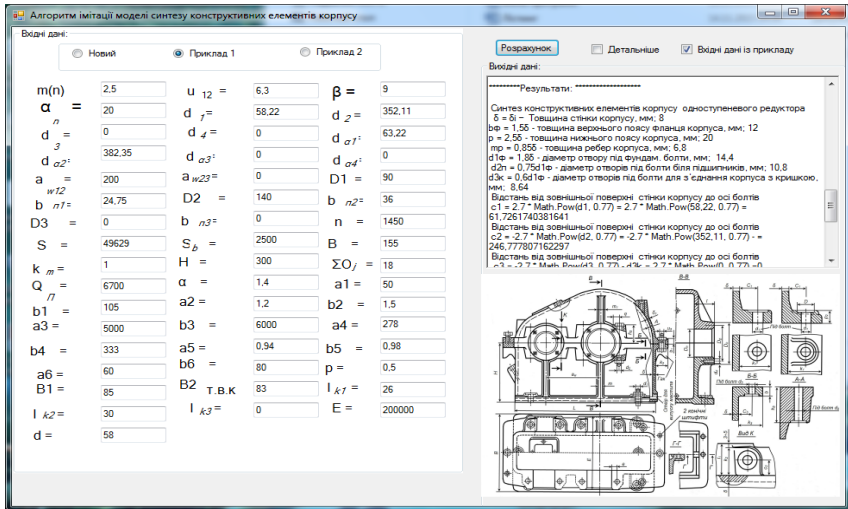


Рис. 3. Загальний вигляд робочого вікна програми «Корпус» для визначення конструктивних елементів корпусів одноступених циліндричних редукторів [5]

Роздрок результатів синтезу конструктивних елементів корпусу одноступеневого редуктора: товщина стінки корпусу $\delta_i = 9,3$ мм; товщина верхнього поясу фланця корпусу $b_{\phi} = 14$ мм; товщина нижнього поясу корпусу $p = 23,3$ мм; товщина ребер корпусу $m_p = 7,9$ мм; діаметр отвору під фундаментні болти $d_1 = 16,7$ мм; діаметр отворів під болти біля підшипників $d_2 = 12,5$ мм; діаметр отворів під болти для з'єднання корпусу з кришкою $d_3 = 10$ мм; відстань від зовнішньої поверхні стінки корпусу до осі болтів: $c_1 = 23,6$ мм, $c_2 = 18,9$ мм, $c_3 = 15,9$ мм; ширина нижнього та верхнього поясів корпусу в залежності від діаметрів болтів: $K_1 = 42$ мм, $K_2 = 35$ мм, $K_3 = 30$ мм; зовнішній діаметр гнізда під підшипники: $D_{k1} = 134$ мм, $D_{k2} = 184$ мм; висота бобишек під болт d_2 біля підшипників $h_{\phi} = 54$ мм; довжина гнізда під підшипник: $l_1 = 50,75$ мм, $l_2 = 66$ мм; найменший зазор між зовнішньою поверхнею зубчастого колеса та стінкою корпусу $A = 11,2$ мм; найменший зазор по торцях A_1

= 9,3 мм; товщина стінки кришки $\delta_1 = 8$ мм; товщина поясу кришки $b_k = 14$ мм; діаметр штифта та його довжина $d_{ш} = 10$ мм, $l_{ш} = 33$ мм; довжина ванни корпусу $L_e = 448$ мм; ширина ванни корпусу $B_e = 105$ мм; повна ширина корпусу $B_k = 237$ мм.

Результати аналізу отриманих даних синтезу конструктивних елементів корпусу одноступеневого редуктора **1ЦУ-200-6,3-11-У3**.

Основним чинником, який впливає на розміри конструктивних елементів корпусу редуктора, є товщина його стінки δ . На підставі розгляду напружено-деформованого стану корпусу від зусиль, які діють в процесі роботи редуктора, а саме в процесі передачі обертового моменту з використанням оптимізаційної математичної моделі було визначено $\delta = 9,3$ мм. Значення цього чинника отримано з урахуванням дії максимального згинального моменту, який діє на стінку корпусу та допустимим напруженням для матеріалу корпусу, а також з урахуванням необхідного ресурсу часу експлуатації та імовірністю безвідмовної роботи з оптимальними витратами на експлуатацію.

Дійсне значення товщини стінки корпусу редуктора 1ЦУ-200-6,3-11-У3 $\delta = 10$ мм. Таке значення прийнятого розміру товщини стінки корпусу є не обґрунтованим. По-перше, згідно рекомендацій [6], використовуючи залежність (4), товщина стінки корпусу редуктора повинна бути 8 мм. Це є товщина, яка забезпечується технологією отримання якісної відливки.

По-друге, необґрунтоване прийняття $\delta = 10$ мм збільшує витрати матеріалу на виготовлення корпусу приблизно на 7%.

Крім цього, для вузького корпусу редуктора необґрунтовано визначена його ширина. Результати розрахунків показали, що повна ширина корпусу $B_k = 171$ мм, а дійсна ширина в 1,18 більша, що також збільшує необґрунтований перерозхід матеріалу корпусу на 3,2%. При цьому напруження згину не перевищують $\sigma_{\max} = 52$ МПа, що вказує на виконання умови міцності корпусу, тому що діючі напруження менше

мінімально допустимих (корпус редуктора виготовлений з сірого чавуну СЧ-15) [5].

На підставі результатів аналізу отриманих результатів можна стверджувати, що запропонована оптимізаційна математична модель для синтезу конструктивних елементів корпусу одноступеневого редуктора може використовуватися для виконання процесу проектування корпусів одноступених редукторів.

Для обґрунтування запропонованої оптимізаційної математичної моделі синтезу конструктивних елементів корпусу редуктора, яка побудована на розрахунках з використанням «метода сил», скористуємося методом скінчених елементів з використанням системи SolidWorks.*

Розгляд процесу обґрунтування почнемо з представлення твердотілої моделі корпусу редуктора в середовищі SolidWorks (рис. 4) згідно параметрів, які отримано за результатами синтезу конструктивних елементів одноступеневого редуктора **1ЦУ-200-6,3-11-У3** на підставі запропонованої оптимізаційної математичної моделі. Твердотіла модель побудована згідно методик, рекомендованих Н.Ю. Дударевою та С.А.Загайко .

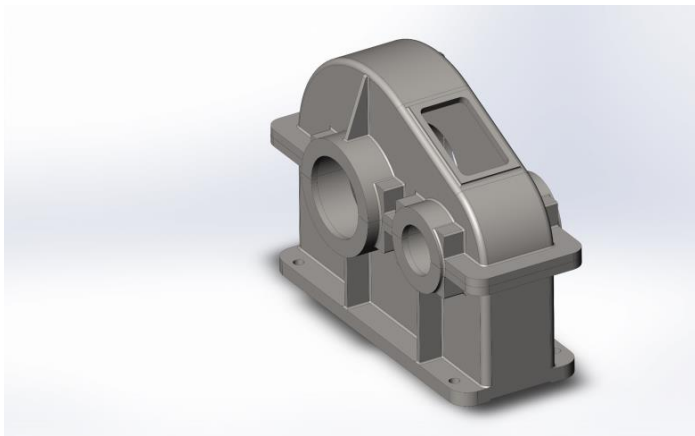


Рис. 4. Твердотіла модель корпусу редуктора

Розрахунки *напружено-деформованого стану* корпусу редуктора виконано в середовищі SolidWorks Simulation методом скінченних елементів*. В якості обмежень прийнято фіксоване кріплення підшви редуктора (рис. 5). Реакції опор валів при передачі потужності 105 кВт на швидкості обертання вхідного вала 1450 хв⁻¹: від дії колової сили – 11881 Н; від дії радіальної сили – 4378 Н; від дії осьової сили ($\beta = 9^\circ$) – 3764 Н (рис. 5).

Після цього модель розбивалася на сітку скінченних елементів – тетраєдрів високої якості (10-ти вузловий елемент) середній розмір якого 5 мм.

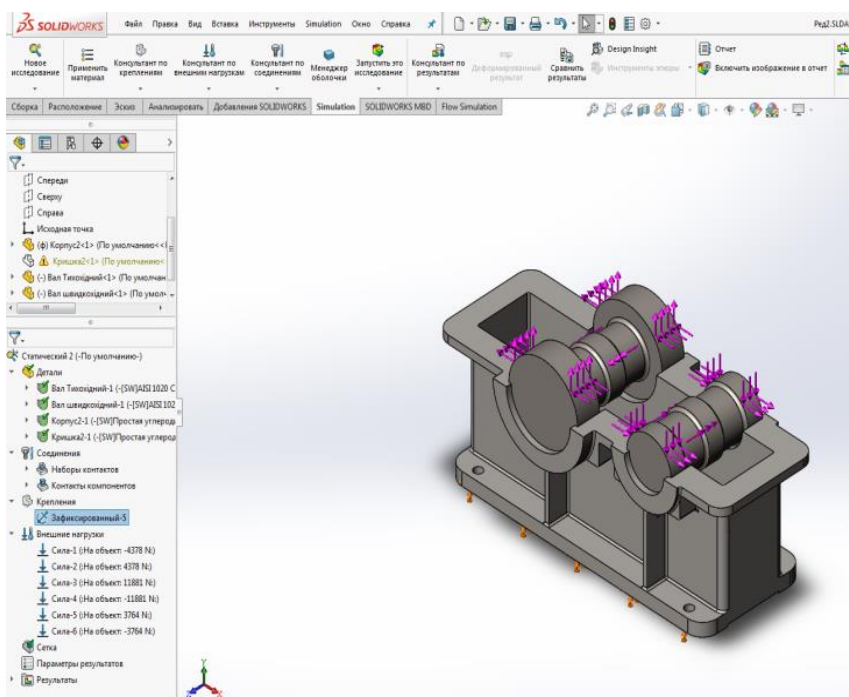


Рис. 5. Навантаження та обмеження, що діють на конструкцію (кришку умовно знято)

Такий розмір тетраедрів цілком достатній для отримання адекватних результатів при найменшому значенні товщини найтоншого елемента конструкції – ребра жорсткості корпусу, яка становить 7,9 мм. З метою визначення впливу радіусів заокруглень елементів корпусу на його міцність в параметрах утворення сітки включено опцію автоматичного ущільнення сітки (рис.5).

Сітка складається із майже 780 тис. елементів та більш як 1 млн. 180 тис. вузлів. Після цього переходимо до визначення перших головних напружень [2]. Хромограма перших головних напружень зображена на рис. 6.

За результатами хромограми (рис.6) максимальне значення перших головних напружень становить $\sigma_{\max} = 48$ МПа. Максимальне значення перших головних напружень розташовано на ребрі жорсткості корпусу (рис.7), а саме у місці спряження ребра із елементом верхнього поясу корпусу – бобишкою підшипника тихохідного вала.

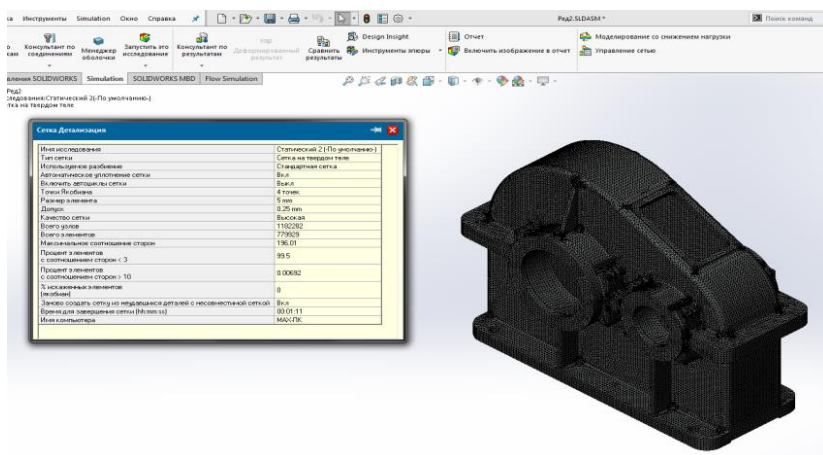


Рис.5. Разбивка модели на скінченні елементи

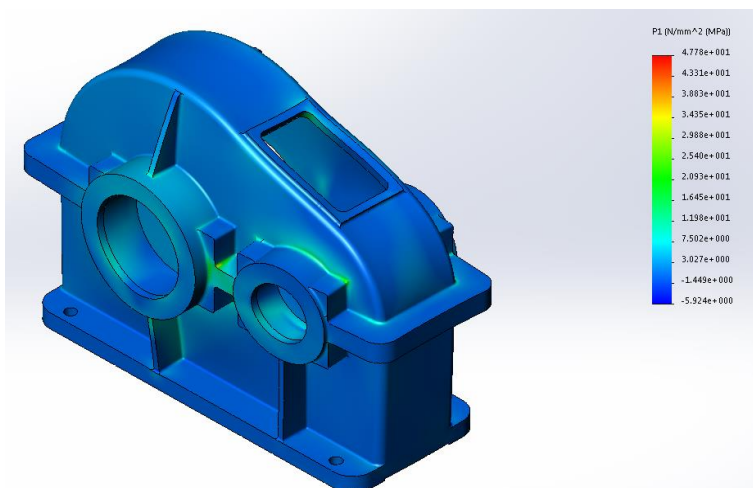


Рис.6. Хромограма перших головних напружень (вали з опорами умовно знято)

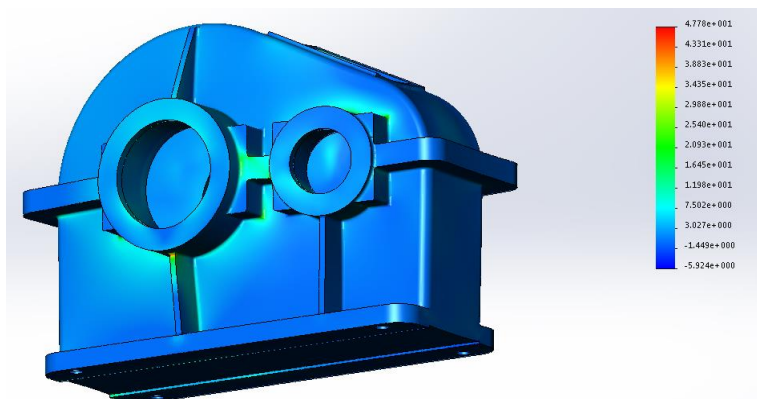


Рис. 7. Локалізація максимального значення перших головних напружень

На рис.8 показано місця концентрації перших головних напружень – ребра жорсткості та переходи товщин конструкційних елементів верхнього пояса корпусу редуктора.

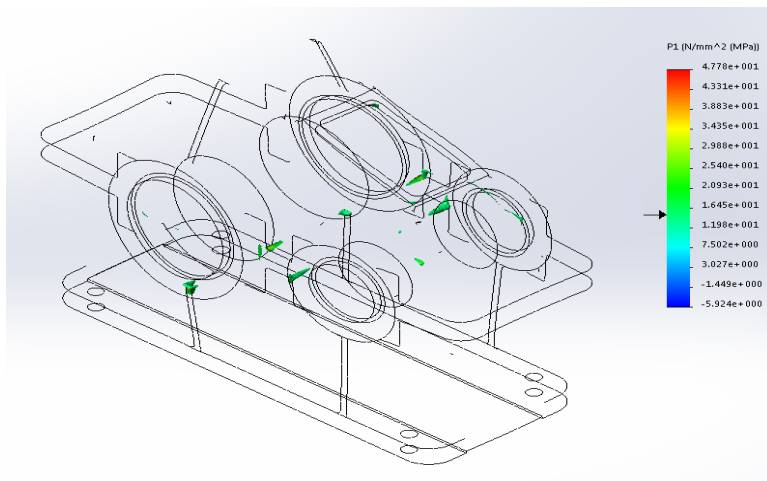


Рис.8. Місця концентрації перших головних напружень

Оскільки матеріал корпусу редуктора крихкий (сірий чавун СЧ-15), то для оцінки міцності конструкції рекомендовано використовувати першу теорію міцності [198], яка вважається адекватною у випадку значної різниці між першими та третіми головними напруженнями. В іншому випадку рекомендують використовувати теорію міцності Мора (третю для крихких тіл). Виходячи з цих положень визначимо другі та треті головні напруження, хромограми яких представлено на рис.9 та рис.10.

Аналізуючи хромограми других і третіх головних напружень можна зауважити, що їх значення у порівнянні з першими головними напруженнями значно менші: другі – 9 МПа, треті – 6 МПа. Тому для оцінки напружено-деформованого стану необхідно використовувати першу теорію міцності. За першою теорією міцності напруження розтягу становлять $\sigma_{\max} = 48$ МПа, що є менше допустимих (60 МПа).

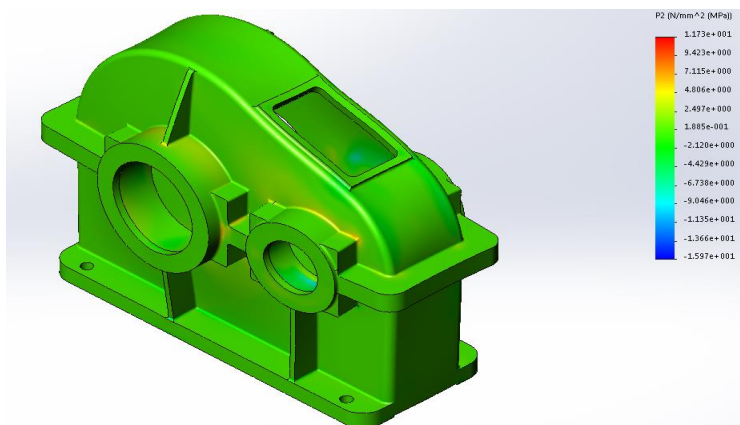


Рис.9. Хромограма других головних напружень

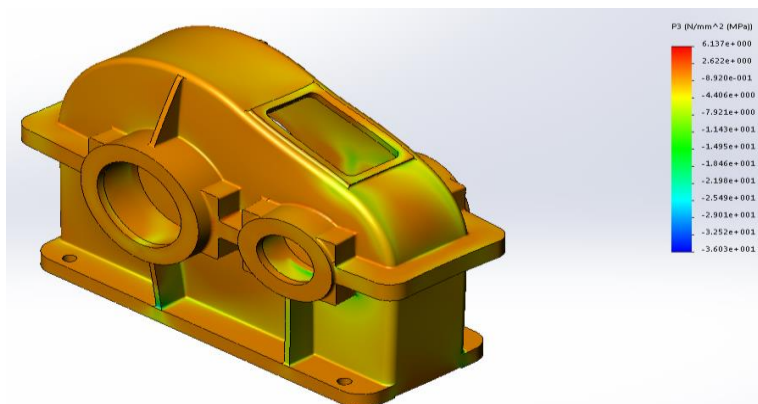


Рис.10. Хромограма третіх головних напружень

Аналізуючи отримані результати за значеннями максимальних напружень:

- максимальні напруження, які отримані на підставі розробленої оптимізаційної математичної моделі з використанням для розрахунку напружено-деформованого стану корпусу редуктора «метода сил» $\sigma_{\max} = 52$ МПа;

- максимальні напруження, які отримані з використанням метода скінчених елементів та системи SolidWorks $\sigma_{\max} = 48$ МПа.

Відносна похибка за отриманими результатами складає

$$\Delta = \frac{52 - 48}{52} 100 = 7,7\%,$$

що є допустимим при виконанні інженерних розрахунків різних об'єктів на міцність.

На підставі отриманих результатів досліджень можна стверджувати, що запропонована оптимізаційна математична модель для синтезу конструктивних елементів корпусу редуктора може використовуватися для виконання процесу проектування корпусів редукторів, тобто синтезу їх конструктивних елементів.

На другому етапі, аналогічно першому, розглянемо розрахунок і виконаємо багатопараметричний синтез конструктивних елементів корпусу двоступеневого редуктора **1Ц2У-100-20-12-У1** з використанням пакету прикладних програм «Корпус» (додаток Б) [193].

Вхідні дані для розрахунку: $m_n = 1,5$ мм; $u_{12} = 20$; $\beta = 10^\circ 43' 30''$; $\alpha_n = 20^\circ$; $d_1 = 41,22$ мм; $d_2 = 158,77$ мм; $d_3 = 48,65$ мм; $d_4 = 251,37$ мм; $d_{a1} = 44,22$ мм; $d_{a2} = 161,77$ мм; $d_{a3} = 52,65$ мм; $d_{a4} = 255,37$ мм; $a_{w12} = 80$ мм; $a_{w23} = 100$ мм; $D_1 = 47$ мм; $b_{n1} = 15$ мм; $D_2 = 62$ мм; $b_{n2} = 17$ мм; $D_3 = 80$ мм; $b_{n3} = 21$ мм; $n = 1450$ хв⁻¹; $S = 49629$ грн/т; $S_g = 2500$ грн/т; $B = 155$ грн; $k_m = 1$; $H = 300\%$; $\Sigma O_j = 18$; $Q_{II} = 3750$ грн; $\alpha = 1,4$; $a_1 = 2$ кВт; $b_1 = 12$ кВт; $a_2 = 1,2$; $b_2 = 1,5$; $a_3 = 5000$ год; $b_3 = 6000$ год; $a_4 = 278$ год; $b_4 = 333$ год; $a_5 = 0,94$; $b_5 = 0,98$; $a_6 = 60$ МПа; $b_6 = 80$ МПа; $[p] = 0,9$; $B_1 = 24$ мм; $B_{2т.в.к} = 30$ мм; $l_{k1} = 15,5$ мм; $l_{k2} = 15,5$ мм; $l_{k3} = 15,5$ мм; $E = 2 \cdot 10^5$ МПа; $d = 30$ мм.

Після введення вхідних даних був отриманий результат (рис.11).

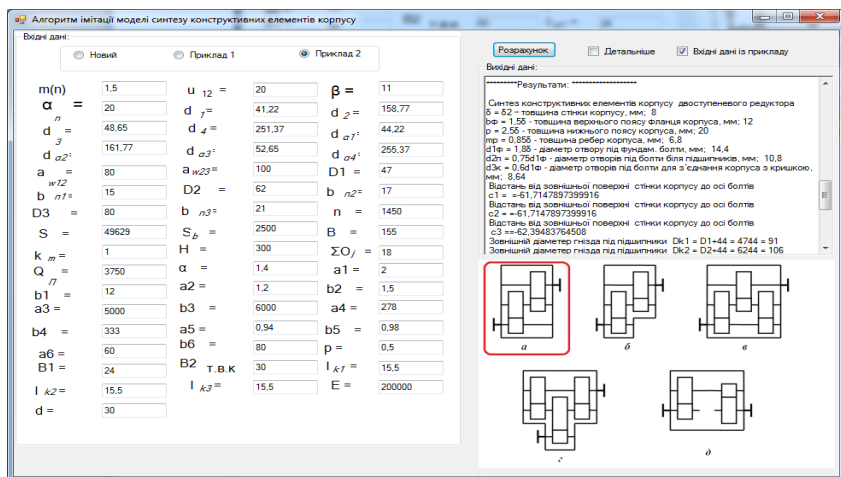


Рис. 11. Загальний вигляд робочого вікна програми «Корпус» для визначення конструктивних елементів корпусів двоступеневихциліндричних редукторів

Роздрук результатів синтезу конструктивних елементів корпусу двоступеневого редуктора: корпус редуктора за схемою рис. 4.8, а; товщина стінки корпусу $\delta_i = 8$ мм; товщина верхнього поясу фланця корпусу $b_{\phi} = 12$ мм; товщина нижнього поясу корпусу $p = 20$ мм; товщина ребер корпусу $t_p = 6,8$ мм; діаметр отвору під фундаментні болти $d_1 = 14,4$ мм; діаметр отворів під болти біля підшипників $d_2 = 10,8$ мм; діаметр отворів під болти для з'єднання корпусу з кришкою $d_3 = 8,6$ мм; відстань від зовнішньої поверхні стінки корпусу до осі болтів: $c_1 = 21$ мм, $c_2 = 16,9$ мм, $c_3 = 14,1$ мм; ширина нижнього та верхнього поясів корпусу в залежності від діаметрів болтів: $K_1 = 38$ мм, $K_2 = 31$ мм, $K_3 = 27$ мм; зовнішній діаметр гнізда під підшипники: $D_{K1} = 91$ мм, $D_{K2} = 106$ мм, $D_{K3} = 122$ мм; висота бобишек під болт d_2 біля підшипників $h_b = 36$ мм; довжина гнізда під підшипник: $l_1 = 30,5$ мм, $l_2 = 32,5$ мм, $l_3 = 36,5$ мм; найменший зазор між зовнішньою поверхнею зубчастого колеса та стінкою

корпусу $A = 9,6$ мм; найменший зазор по торцях $A_1 = 8$ мм; товщина стінки кришки $\delta_1 = 8$ мм; товщина поясу кришки $b_k = 12$ мм; діаметр штифта та його довжина $d_{ш} = 8,6$ мм, $l_{ш} = 29$ мм; довжина ванни корпусу $L_v = 330$ мм; ширина ванни корпусу $B_v = 84$ мм; повна ширина корпусу $B_k = 157$ мм.

Результати аналізу отриманих результатів синтезу конструктивних елементів корпусу двоступеневого редуктора **1Ц2У-100-20-12-У1**.

Виходячи зі значень ширини корпусу $B_k = 157$ мм та його довжини $L_k = 384$ мм, а також отриманих значень всіх конструктивних елементів можна зробити висновок, що отримані результати з використанням оптимізаційної математичної моделі синтезу конструктивних елементів корпусу є адекватними розглянутій конструкції двоступеневого редуктора **1Ц2У-100-20-12-У1**. Таким чином, можна стверджувати, що запропонована оптимізаційна математична модель для синтезу конструктивних елементів корпусу двоступеневого редуктора може використовуватися для виконання процесу проектування корпусів двоступених редукторів.

Висновки

3. Розроблено оптимізаційну математичну модель для синтезу конструктивних елементів корпусів одноступеневого і двоступеневого редукторів, яка дає можливість отримати оптимальну конструкцію корпусу за умови забезпечення необхідної міцності, надійності та заданого ресурсу його експлуатації.

4. Основним конструктивним чинником корпусу є товщина його стінки, яка згідно із наведеною методологією визначається з урахуванням напружено-деформованого стану корпусу від зусиль, які діють в процесі роботи зубчастої передачі, що дозволяє обґрунтовано визначати її розмір із забезпеченням допустимих напружень матеріалу корпусу.

5. Під час розроблення корпусів редукторів шляхом оптимізації їх конструктивних розмірів є можливість економії матеріалу на одному корпусі до 10,2%.

6. Запропонована математична оптимізаційна модель для синтезу конструктивних елементів корпусу двоступеневого редуктора показала достатньо високу адекватність розроблених конструктивних елементів вже існуючим конструктивним елементам корпусів (на прикладі редукторів компанії «GlobalProm» м. Харків). Цей висновок також був підтверджений при використанні для аналізу напружено-деформованого стану корпусів редукторів метода скінчених елементів та системи SolidWorks.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дударева Н.Ю. SolidWorks 2007 / Н.Ю. Дударева, С.А. Загайко. – СПб.: БХВ Петербург, 2007. – 1328 с.
2. Алямовский А.Ф. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.Ф. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев. – СПб.: БХВ Петербург, 2008. – 1040 с.
3. Васильева О. Е. Багатопараметричний синтез конструктивних елементів корпусів циліндричних редукторів / О.Е. Васильева // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». – Харків: НТУ ХПІ, 2009. – №26. – С. 38-44.
4. Васильева О. Е. Вплив конструкції редуктора на його надійність і можливість модифікації конструктивних елементів / О.Е. Васильева // Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні : вісник НУ «Львівська політехніка». — Львів, 2009. – № 643. – С. 117-125.
5. Васильева О.Е. Визначення розмірів конструктивних елементів корпусів редукторів приводів підйомно-

транспортного устаткування в залежності від їх напружено-деформованого стану. О.Е. Васильєва. // Науково-технічний та виробничий журнал «Підйомно-транспортна техніка». – № 4. – Одеса: НПУ, 2013. – С. 143-152.

6. Гулида Э.Н. Конструкционное и технологическое обеспечение качества изготовления корпусов редукторов общего назначения. / Э.Н. Гулида, Е.Э. Васильева //– Минск: Белорусский национальный технический университет. / Машиностроение. Республиканский межведомственный сборник научных трудов. – Вып. 28. – 2014. – С. 9-18.

7. Кіндрацький Б.І. Раціональне проектування машинобудівних конструкцій. / Б.І. Кіндрацький, Г.Т. Сулим. – Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2003. – 280 с.

8. Передачі зубчасті циліндричні евольвентні зовнішнього зачеплення. – М.: Держком по стандартам, 1987. – 127 с.

УДК 621.867

**INVESTIGATION OF THE CONTINUOUS MEMBER
OF DISCRETE-CONTINUOUS INTER-RESONANCE
VIBRATING TABLE**

Lanets O.S., Sc.D., professor, Lviv Polytechnic National University; Maistruk P.V., postgraduate student

Nowadays in many branches of civil engineering, machine-building, and food industries various vibrating equipment is used to perform technological tasks: vibrating conveyors, vibrating feeders, and vibrating tables. Most often, an electromagnetic drive is used to force the perturbation of oscillating masses of such vibrating equipment. It provides the required values of the perturbation force with relative ease of manufacture, simplicity, and reliability. However, typical electromagnetic vibration equipment constructions were designed and put into production decades ago, and now, with the rapid development of technology, have become a relatively energy-intensive type of equipment that does not fully exploit the potential of energy efficiency. Therefore, among the current trends in the industry, the creation of energy-saving technological equipment, including vibrating, occupies an important place.

Since the existing one- and two-mass designs of vibrating machines with electromagnetic drive have no significant prospects for improvements in energy efficiency, three-mass solutions have recently been developed [1]. To ensure efficient inter-resonance modes of operation of vibrating machine, the oscillating masses of the system must have certain characteristics. They include inertia-rigid parameters, as well as the frequency of natural oscillations. The main disadvantage of highly efficient inter-resonance mechanical oscillating systems (MOS) is that the third reactive mass must be small, and therefore the use of

complex and large structures is impossible. In the article [2] is considered the use of not only classical discrete models of multi-mass mechanical oscillating systems but also the synthesis of continuous sections in them. It is best to use continuous members as a reactive mass. The continuous member, which is a flexible body, optimally combines inertial and rigid parameters. In particular, in the article [3] we proposed the use as a reactive mass of the vibrating table of the continuous member, ie a flexible body that combines inertial and rigid parameters. The continuous section is an ordinary rectangular plate, hinged in the intermediate mass (Fig. 1). This decision is considering to be quite promising. However, the rectangular shape of the plate is not the best option to provide maximum energy efficiency.

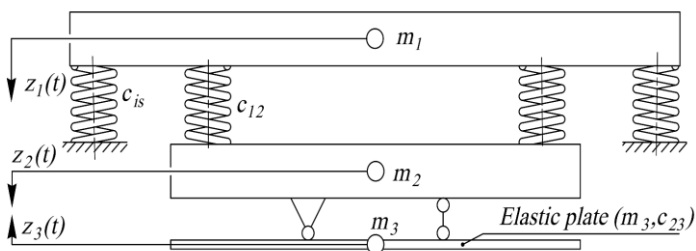


Fig. 1. Schematic diagram of the vibrating table with continuous member

The vibrating table, shown in Fig. 1, consists of active m_1 , intermediate m_2 , and reactive m_3 masses moving in generalized coordinates $z_1(t)$, $z_2(t)$, and $z_3(t)$ accordingly. The vibrational masses of the vibrating machine are connected in series by means of elastic nodes (marked c_{12} and c_{23}). The active mass is attached to the foundation by means of vibration isolators with rigidity c_{1s} . It should be noted that the reactive mass (continuous member) should be light and have the necessary inertial-rigid parameters. Therefore, as a reactive mass, it is advisable to use an elastic

plate. The elastic plate is fixed in the intermediate mass by a hinged connection (Fig. 2).

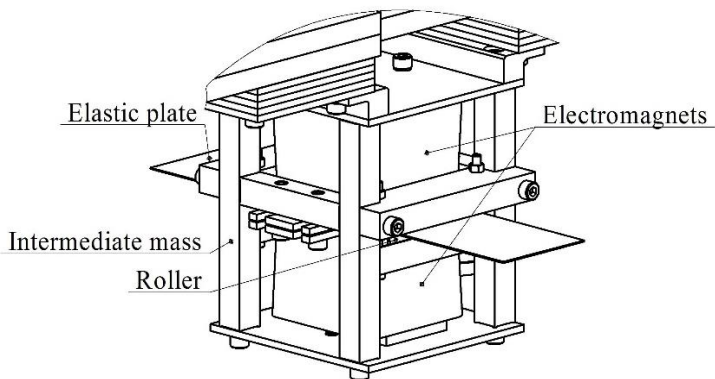


Fig. 2. Fastening of a continuous member in a vibrating table

The parameters of mass and rigidity of the plate are related to the parameter of natural oscillation frequency, therefore, the essential parameter in the synthesis of a discrete-continuous systems is the first natural frequency of the plate. After all, the proper selection of the natural frequency of the reactive mass allows us to obtain a highly efficient mode of operation of discrete-continuous inter-resonance vibrating machines. As a plate material, we choose structural steel. This material is a ferromagnet and has a relatively low cost. The scheme of fastening of an elastic plate is shown in Fig. 3.

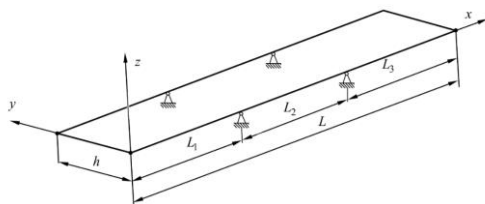


Fig. 3. Calculation scheme of elastic plate mounting

As can be seen from Fig. 3, the mounting of the elastic plate is quite specific. This is due to the design of the intermediate mass and the location of the hinges.

The fundamental frequency is the first natural frequency of the line, and it usually has the vibration peak with the highest value. An elastic plate has many natural frequencies and mode shapes, where each mode shape corresponds to a particular frequency value. Therefore, the frequency analysis of elastic plates is relevant. The articles [4 - 8] carried out the vibration analysis of functionally graduated plates (FG). The primary attention is paid to determining the properties of the plates when changing their materials. Different boundary conditions for fixing FG plates (boundary conditions of the types SSSS or CCCC) are also considered. More complex boundary conditions for fixing elastic plates (boundary conditions of the types CCSS, CSSS, CFSS, SFSS, SSSF, etc.) are solved using the Levy solution.

From the theoretical information given in [4-6], it can be concluded that the rectangular shape of the plate considered in [3] is not the best option to ensure the maximum energy efficiency of the described vibrating table. Therefore, it is proposed to optimize the shape of the plate, which acts as a continuous section. To do this, consider the following alternatives (Fig. 4): parabolic convex plate; parabolic concave plate; diamond-shaped plate; X-shaped plate.

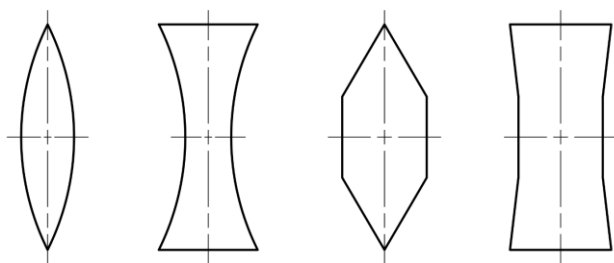


Fig. 4. The studied types of plates in a row: parabolic convex; parabolic concave; diamond-shaped; X-shaped

The most important parameter in the synthesis of the discrete-continuous system is the natural frequency of the plate. After all, the correct selection of the natural frequency of the reactive mass allows to obtain a highly efficient operating mode of discrete-continuous inter-resonance vibrating machines. To ensure the inter-resonance mode of operation of the vibrating machine, it is necessary that the first natural frequency of the continuous section was near 49 Hz. The second important parameter of the plate is the size for its attachment in the intermediate mass. All investigated types of plates must meet these conditions. The calculation of the natural frequencies of the plates is performed in the software product SolidWorks Simulation, which enables us to optimize the design, determine product mechanical resistance, product durability, topology, natural frequencies, and perform sequential multi-physics simulations. SolidWorks Simulation is a portfolio of structural analysis tools that use Finite Element Analysis (FEA) to predict a product's real-world physical behavior by virtually testing CAD models. The portfolio provides linear, non-linear static and dynamic analysis capabilities. The results of the calculations are presented in Fig. 5-8.

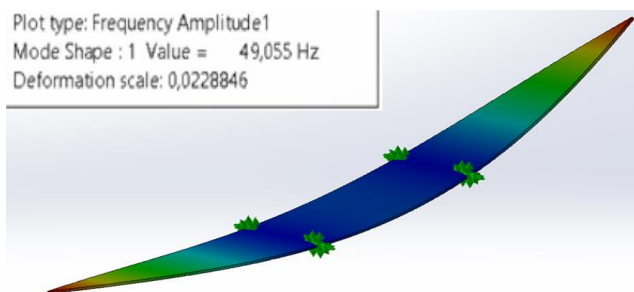


Fig. 5. Results of calculations of the first natural frequency of oscillations of a parabolic convex plate

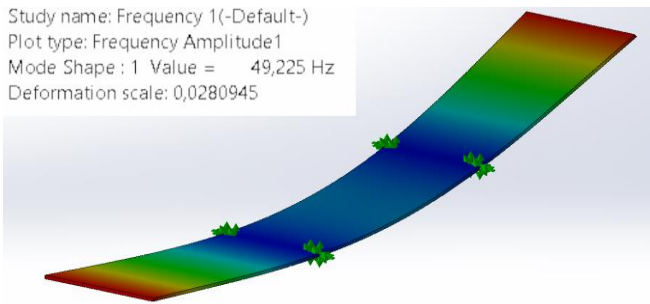


Fig. 6. Results of calculations of the first natural frequency of oscillations of a parabolic concave plate

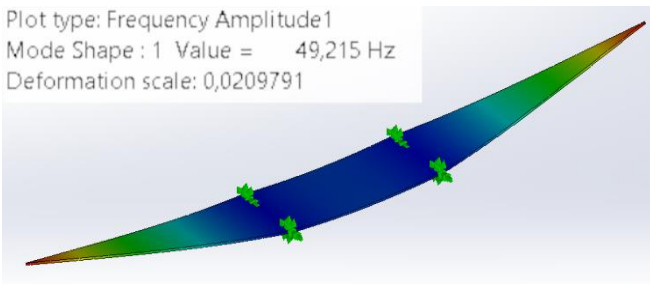


Fig. 7. Results of calculations of the first natural frequency of oscillations of a diamond-shaped plate

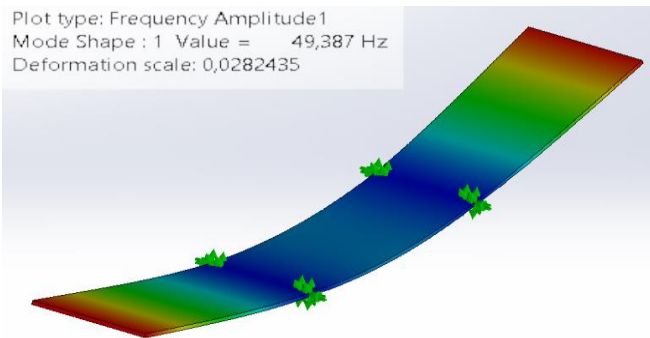


Fig. 8. Results of calculations of the first natural frequency of oscillations of a X-shaped plate

Based on the calculations, the optimal geometric parameters for all types of investigated plates were selected (Fig. 9-12).

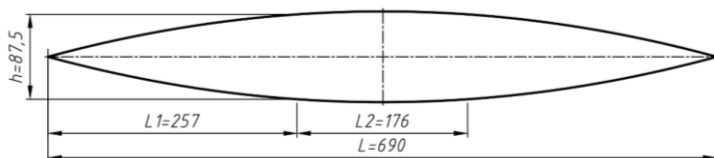


Fig. 9. The optimal geometric parameters for a parabolic convex plate

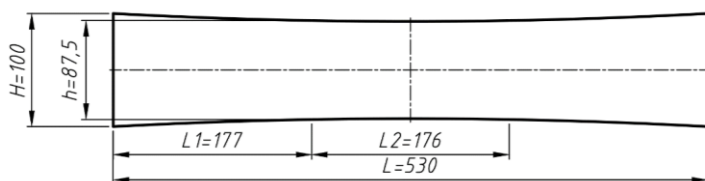


Fig. 10. The optimal geometric parameters for a parabolic concave plate

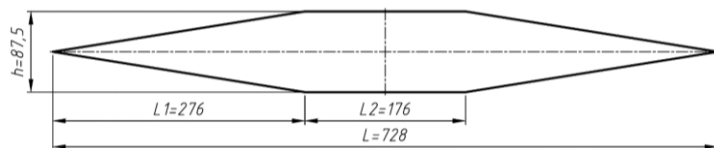


Fig. 11. The optimal geometric parameters for a diamond-shaped plate

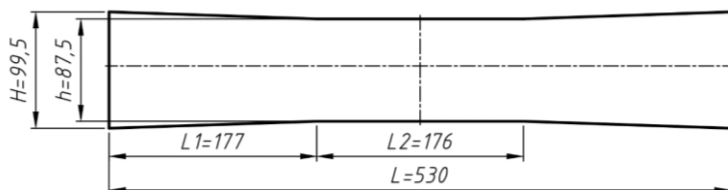


Fig. 12. The optimal geometric parameters for a X-shaped plate

Thus, analyzing the selected geometric dimensions of the plates - continuous members shown in Fig. 9-12, it can be concluded that the plates, the thickness of which converges to zero at the edges, have longer sections L1 and L3. Accordingly, it is likely that such types of the plate will obtain a more dynamic amplification of vibrations of the vibrating table. This statement must be confirmed by physical experiments, which are planned for further research.

REFERENCES

1. Lanets O., *Osnovy rozrakhunku ta konstruyuvannya vibratsiynykh mashyn*. Knyha 1. Teoriya ta praktyka stvorennya vibratsiynykh mashyn z harmoniynym rukhom robochoho orhana [Fundamentals of analysis and design of vibrating machines. Book 1. Theory and Practice of Development of Vibrating Machines with Harmonic Motion of the Working Element Body]. Lviv, Ukraine: Lviv Polytechnic Publishing House, 2018. [in Ukrainian].

2. Lanets, O., Kachur, O., Borovets, V., Dmyterko, P., Derevenko, I., Zvarich, A., "Establishment of the original frequency of the continual section of the interreson research machine Rayleigh–Ritz method", *Industrial Process Automation in Engineering and Instrumentation* 54, pp. 5-15, 2020. DOI: 10.23939/istcipa2020.54.005

3. P. Maistruk, O. Lanets, V. Stupnytskyy, "Approximate Calculation of the Natural Oscillation Frequency of the Vibrating Table in Inter-Resonance Operation Mode", *Strojnícky časopis - Journal of Mechanical Engineering*, vol. 71(2), pp. 151-166, 2021. DOI: <https://doi.org/10.2478/scjme-2021-0026>

4. Chikh, A. "Free vibration analysis of simply supported P-FGM nanoplate using a nonlocal four variables shear deformation plate theory", *Strojnícky časopis – Journal of*

Mechanical Engineering 69(4), pp. 9 – 24, 2019. DOI: 10.2478/scjme-2019-0039

5. Taehyun, K., Usik, L., "Vibration Analysis of Thin Plate Structures Subjected to a Moving Force Using Frequency-Domain Spectral Element Method", Shock and Vibration Vol. 2018, pp. 1-27, 2018. DOI: 10.1155/2018/1908508

6. Sharma, A.K., Sharma, P., Chauhan, P.S., Bhadoria, S.S., "Study on Harmonic Analysis of Functionally Graded Plates Using Fem", International Journal of Applied Mechanics and Engineering 23(4), pp.941-961, 2018. DOI: 10.2478/ijame-2018-0053

7. Zhao, X., Lee, Y.Y., Liew, K.M., "Free vibration analysis of functionally graded plates using the element-free kp-Ritz method", Journal of Sound and Vibration 319(3-5), pp. 918-939, 2009. DOI: 10.1016/j.jsv.2008.06.025

8. Saeed, A., Hassan, H., Wael E., "Vibration attenuation using functionally graded material", World Academy of Science, Engineering and Technology 7(6), pp. 1111-1120, 2013. DOI: 10.5281/zenodo.1057221

УДК 004.413

МОДЕЛЮВАННЯ ЕКСПЕРТНОЇ СИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В УПРАВЛІННІ ЖИТТЄВИМ ЦИКЛОМ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

*Кордунова Ю. С., Придатко О. В., Смотри О. О., к.т.н.,
доцент, Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності*

Відомо, що успіх програмного забезпечення великою мірою залежить від якості управління, зокрема, від вибору методології управління цим програмним забезпеченням. При розробці нового програмного забезпечення, група розробників та замовник зіштовхуються із постійними проблемами недосконалого планування часових, матеріальних та людських ресурсів, що зумовлює несвоєчасне виконання визначеного обсягу робіт, перевитрати бюджету або недотримання встановленого рівня якості. Джерелом означених проблем очевидно є помилки у виборі методології створення програмного забезпечення та її інтеграції на всіх етапах життєвого циклу.

Підвищити рівень ефективності вибору методології розробки програмного забезпечення в динамічному оточенні шляхом відтворення основних характеристик їх застосування на підставі аналізу традиційного (Waterfall) та гнучкого (Agile) підходів.

Waterfall відноситься до традиційних методологій управління проектами, яким притаманний чіткий та послідовний процес розробки програмного забезпечення (Рис. 1). Не зважаючи на те, що на сьогодні дана модель майже не застосовується у сфері реалізації ІТ-проектів, вона є

дуже важливою, адже на ній базуються усі інші методології розробки програмного забезпечення.

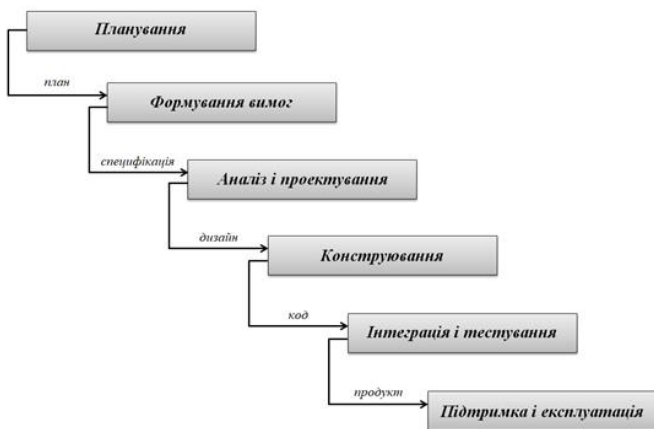


Рис. 1 Життєвий цикл моделі Waterfall[9].

Традиційна методологія поділяє життєвий цикл на деякий набір фаз, кожна з яких розпочинається лише після завершення попередньої. Такий підхід до розробки є доволі простим та прозорим, проте, паралельно занадто ідеалістичний та не практичний в умовах динамічного оточення. Модель Waterfall, зазвичай, використовують у проєктах із чітко визначеними вимогами, що не змінюються протягом реалізації проєкту. Здебільшого це проєкти машинобудівної інфраструктури, або державні проєкти, які вимагають чіткого документування, розрахунку бюджету та аналізу всіх можливих ризиків. Якщо брати до уваги ІТ-індустрію, то розробка програмного продукту за моделлю Waterfall буде доречною, якщо мова йтиме про однотипні інформаційні системи (ІС), ІС із складними обчисленнями, ІС, що працюють у реальному часі, або ІС, до яких чітко та у повній мірі сформулювати усі вимоги на стадії планування. Проблема традиційного підходу до реалізації

проектів розробки програмного забезпечення у тому, що виконання триває довше, ніж очікувалось, витрати виявляються більшими, ніж закладалось у бюджеті і часто не досягають очікуваних результатів. Традиційні підходи до проєкт менеджменту беруть за основу співвідношення часу, витрат та обсягуробіт, що формують так званий «трикутник проєкт менеджменту» (Рисунок 2), який у своїй книзі «Brilliant agile project management» Роб Коул та Едвард Скотчер називають «Бермудський трикутник».

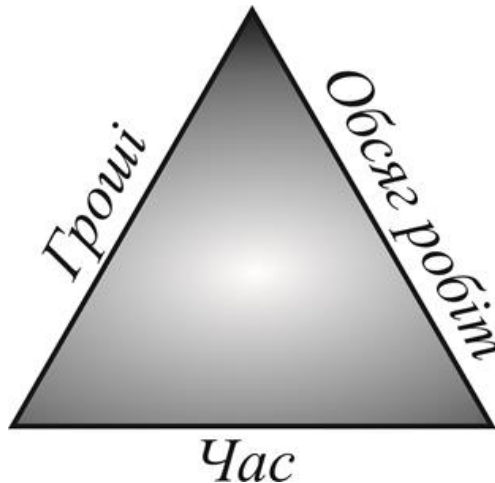


Рис.2. Трикутник проєкт менеджменту [9].

Через жорсткі зв'язки, які лежать в основі цього трикутника, не можливо усунути одну з його сторін, не вплинувши на інші. Зміна будь-яких параметрів завжди матиме наслідки під час реалізації проєкту. Здебільшого це відбувається тоді, коли вносяться зміни до проєкту, скорочується час або бюджет. Проєкт-менеджерам дуже важко зберігати ці три складові в рівновазі і при цьому забезпечувати всі бажання клієнта. У результаті ми отримуємо або неякісний продукт, випущений вчасно у

межах свого бюджету, або дійсно вартісний результат, ціна якого значно перевищуватиме початкову, а на часові проміжки вже не звертатимуть увагу.

Під час розробки продукту, використовуючи гнучкі методології важливим є лише одне – якість продукту. Методологія Agile відходить від традиційної одержимості термінами та бюджетами, зосереджуючись упершу чергу на тому, чого хоче клієнт, або – чого він дійсно потребує. Дана методологія передбачає ітераційний процес розробки програмного забезпечення (Рисунок 3). На першій стадії визначається мінімально життєздатний продукт (minimum viable product, MVP), а всі інші спрямовані на його удосконалення та додавання нових функціональностей. Такий підхід дозволяє вже на перших стадіях розробки тестувати продукт на кінцевому користувачі, та у подальшому реагувати та зауваження та вносити зміни. Зміни – це рушій прогресу, Agile методологія заохочує зміни та вносить їх дуже часто.



Рис.3. Життєвий цикл Agile методології[9].

У роботі [9] нами було здійснено порівняльний аналіз цих двох методологій, результат наведений у таблиці 1.

Таблиця 1
Порівняння традиційної методології (Waterfall) та гнучкої методології (Agile)

Опис	Waterfall	Agile
Робота над проектом чітко спланована та послідовно виконується	Так	ні
Внесення змін до проекту в процесі розробки	Ні	так
Сталий темп процесу розробки	Ні	так
Тестування ПП в процесі розробки	Ні	так
Управління директивне	так	ні
Контроль за роботою команди, що працює над розробкою	так	ні
У команді можлива взаємозаміна, розподілене лідерство	ні	так
Команда співпрацює в процесі розробки із замовником	ні	так

Проте якщо акценти зосередити на командах розробників оперативних формувань, до прикладу Державної служби України з надзвичайних ситуацій, які займаються розробкою безпеко-орієнтованих сервісів (БОС), то динамічність процесів розробки спеціалізованого програмного забезпечення характеризується не лише обсягом та змістом робіт, а також часовим ресурсом. Окремі ІТ-підрозділи оперативних формувань, крім загальних завдань в області комп'ютерних наук та інформаційних технологій, займаються реалізацією прикладних завдань щодо інформатизації процесів оперативної та повсякденної діяльності, а також проектуванням, розробкою та супроводом інформаційних, комп'ютерних та програмних систем безпеко-орієнтованого спрямування

Членами таких команд розробки в оперативних формуваннях є кадрові працівники відповідних служб, які в межах своїх функціональних обов'язків поєднують діяльність щодо розробки означених сервісів з іншими різновидами оперативної або службової діяльності. Зважаючи на специфіку роботи основних учасників таких команд, динаміка проєктного середовища набуває дещо іншого значення. Динамічність тепер характеризується не лише обсягом робіт, а також часом їх реалізації. З першого погляду можна допустити, що в таких умовах процес розробки спеціалізованого програмного забезпечення доцільно організовувати за каскадною моделлю. Проте таке припущення є хибним, адже розробка БОС однозначно характеризується динамічністю специфікації та необхідністю постійного доповнення переліку робіт у ході розробки.

У таблиці 2 представлений аналіз відомих методологій у порівнянні із розробкою БОС.

Таблиця 2

Порівняння відомих методологій розробки програмного забезпечення та БОС

Опис	Waterfall	Agile	БОС
Робота над проєктом чітко спланована та послідовно виконується	так	Ні	ні
Внесення змін до проєкту в процесі розробки	ні	так	так
Сталий темп процесу розробки	ні	так	ні
Тестування ПП в процесі розробки	ні	так	так
Управління директивне	так	ні	так
Контроль за роботою команди, що працює над розробкою	так	ні	так
У команді можлива взаємозаміна, розподілене лідерство	ні	так	так
Команда співпрацює в процесі розробки із замовником	ні	так	так

Зважаючи на особливості розробки програмного забезпечення у динамічному оточенні та отриманні результати аналізу, зроблено висновки про неспроможність традиційних методологій (Waterfall) забезпечити належний рівень ефективності на різних етапах життєвого циклу. Модель Waterfall має низку недоліків, які роблять її повністю непридатною, або призводять до несвоєчасного виконання визначеного обсягу робіт, перевитрат бюджету та недотримання встановленого рівня якості продукту.

Натомість окреслено основні переваги застосування методології Agile у розробці програмного забезпечення та її адаптивність до постійних змін у вимогах, чисельності команди розробки, бюджету тощо. А все тому, що гнучкість – це основна перевага розробника на ринку. Лише ті команди, які можуть іти в ногу з часом, які працюють на результат та на задоволення будь-яких потреб замовника будуть мати місце на сучасному ринку праці. Саме такі команди і пропагує Agile методологія.

Як показав досвід розробки безпеко-орієнтованих сервісів, існуючі методи та засоби управління не корелюють з умовами, в яких проводиться розробка спеціалізованого програмного забезпечення. Із представленого аналізу можна зробити висновок, що моделювання розробки безпеко-орієнтованих сервісів вимагає чіткого означення та негайного впровадження у роботу ІТ підрозділів оперативних формувань.

ЛІТЕРАТУРА

1. Agile-маніфест розробки програмного забезпечення [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://agilemanifesto.org/iso/uk/manifesto.html>.

2. A guide to the Project Management Body of Knowledge. PMBOK guide SIXTH EDITION – USA: Project Management Institute, 2017.

3. Близнюкова І. О., Семко С. Г., Кійко С. Г. Огляд сучасних методологій управління командами ІТ-проектів. Управління розвитком складних систем. Київ, 2020. № 43. С. 60 – 66. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.43.60-66>

4. Колянко О. В., Озимок Г. В., Використання жорсткої "Waterfall" та гнучкої "Agile" моделей управління проектами. Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Економічні науки. Львів, 2017. Вип. 52. С. 177 – 182.

5. Вавіленкова А. І. Аналіз гнучких методологій розробки програмного забезпечення для реалізації у командних проектах. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Харків, 2021. № 1(7). С. 39 – 46. <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2021.01.06>

6. Кім О. О., Козлова В. В. Перспективи застосування методології Agile менеджменту в управлінні ІТ-проектами. Соціальна економіка. Харків. 2019. № 58. С. 95 – 99. <https://doi.org/10.26565/2524-2547-2019-58-12>

7. Кордунова Ю. С., Придатко О. В., Смотри О. О. Переваги використання Agile- методології під час розробки програмного забезпечення в умовах сучасного ринку. Інформаційна безпека та інформаційні технології : зб. наук. праць ІV Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених, студентів і курсантів. м. Львів 27 листопада 2020 р. Львів, 2020. С. 206 – 207

8. Кордунова Ю. С., Смотри О. О. Сенс Agile-маніфесту для сучасного проєкт-менеджменту. Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: зб. наук. праць ХVІ Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів. – Львів: ЛДУ БЖД, 2021. С. 247-248

9. Кордунова Ю. С., Смотр О. О., Кокотко І. Я., Малець Р. Б. Аналіз традиційного та гнучкого підходів достворення програмного забезпечення в динамічних умовах. Управління розвитком складних систем. Київ, 2021. № 47. С. 71 – 77, <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2021.47.71-77>
10. Приймак В. Гнучкі моделі управління командною роботою інжинірингових проектів. Вісник Київського національного університету мені Тараса Шевченка. Економіка. Київ, 2019. №6 (207). С. 21-27. <https://doi.org/10.17721/1728-2667.2019/207-6/3>
11. Якубенко І. М. Agile-менеджмент, як дієве управління проектами для цілеспрямованих команд. Економіка. Менеджмент. Бізнес. 2017. №4(22). С. 167 – 172.
12. Муравецький С. А., Крамський С. О. Планування процесів забезпечення якості у великих та географічно розподілених гібридних ІТ-проектах. Вісник НТУ «ХПІ». Харків, 2016. №1(1173). С. 106 – 109. <https://doi.org/10.20998/2413-3000.2016.1173.21>
13. Асєєва А. В., Кулаковська І. В. Аналіз проблем вибору технології для розробки програмного забезпечення. Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Луцьк, 2019. №37. С. 10 – 18.
14. Бушуєв С.Д., Бушуєва В. Б., Бойко О. О. Agile-трансформація підходів в управлінні будівельними проектами, фазах ініціалізації та проектування. Управління розвитком складних систем. Київ, 2020. №41. С. 14 – 20. <https://doi.org/10.32347/2412-9933.2020.41.15-20>
15. Гидроец М. О., Гришанова Л. И. Методологиияразработкипрограмногопродукта. Системныйанализ и логистика. Санкт-Петербург, 2020. № 4 (26). С. 45 – 52. <https://doi.org/10.31799/2007-5687-2020-4-45-53>
16. BarraoodS. O., Mohd H., Baharom F. A Comparison Study of Software Testing Activities in Agile Methods.

Knowledge Management International Conference (KMICe) Virtual Conference. Malaysia, 2021. pp. 130-137

17. Семенов С. Г., ХалифеКассем, Захарченко М. М. Усовершенствованный способ масштабирования гибкой методологии разработки программного обеспечения. . Вісник НТУ «ХПІ». Харків, 2017. Т. 1, № 1. С. 79 – 84. <https://doi.org/10.20998/2522-9052.2017.1.15>

18. Шапошнікова О.П., Кірвас В.В. Застосування методології Agile в практиці проектного навчання при підготовці ІТ спеціалістів. Системи обробки інформації. Харків. 2020. № 4(163). С. 94-100. <https://doi.org/10.30748/soi.2020.163.10>

19. Козир І. С. Фактори впровадження Agile-менеджменту в практику управління. I International Scientific and Practical Conference «Problemas y perspectivas de la aplicación de la investigación científica innovadora». Кембридж. 2021. Т. 1. С. 78-79. <https://doi.org/10.36074/logos-19.03.2021.v1.26>

20. Кордунова Ю. С., Смотр О. О. Визначення ефективності використання Agile методології в сучасних організаціях. Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених. Харків: НУЦЗУ, 2021. С. 166.

21. Islam G., Stoner T. A case study of agile software development for safety-Critical systems projects. Reliability Engineering & System Safety. Vol. 200. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.res.2020.106954>

22. Stellman A., Greene J. Learning Agile: Understanding Scrum, XP, Lean, and Kanban. 1st Edition, USA: O'Reilly Media, 2013. 420 с.

23. Stioca M., Ghlic-Micu B., Mircea M., Uscatu C. Analyzing Agile Development – from Waterfall Style to Scrumban.

InformaticaEconomică.2016. №4. С. 5–14.
<https://doi.org/10.12948/issn14531305/20.4.2016.01>

24. ColeR.,ScotcherE. BrilliantAgileProjectManagement: APracticalGuidetoUsingAgile, ScrumandKanban. Edinburg: Pearson, 2015. 187 p.

25. Papadopoulos G. Moving from traditional to agile software development methodologies also on large, distributed projects. Procedia – Social and Behavioral Sciences. 2015. № 175. pp. 455 – 463.
<https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.01.1223>

UDK 621.9

SIMULATION RESEARCH OF MACHNING-INDUCED SURFACE LAYER OPERATIONAL CHARACTERISTICS

She X., PhD, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv

Stupnitskiy V., Professor, Department of Robotics and Integrated Mechanical Engineering Technologies, Lviv Polytechnic National University, Lviv

The main study of the proposed solution is to generalize and systematically analyze methodological studies of the influence of process factors and tool geometry on the formation of stress-strain and thermodynamic states of workpiece surfaces. An original scheme for determining residual strain at the top and depth of machined surfaces is proposed. DEFORM 3D simulation was used to analyze the effect of process operating parameters on the formation of residual strain. The analytical results of the rheological model formalize the influence of the main process factors on the formation of residual stress and strain during cutting. The theoretical conclusions are compared with the simulation results.

1. Introduction

Lifecycle of mechanical engineering products depends on a large number of different factors [1]. Most scientific research usually focuses on the design and operation phases of a product. However, a large number of properties of engineered products are also formed during the manufacturing stage (machining and assembly). Due to the use of certain techniques, residual compressive stress occurs in the machined layer of the workpiece cut with the cutting tool. If abrasive machining techniques are used, residual tensile stresses will appear in the surface layer. The

sign of residual stress has a great influence on ensuring the fatigue resistance of the product. The importance of the structure and parameters of the process to the operating characteristics of a machine or mechanism is obvious.

For a comprehensive increase in the efficiency of the engineering products life cycle, the creation and implementation of scientific and applied foundations for the design of functionally oriented technologies is relevant [2]. The function of the goal in the formation of the optimal structure and parameters of technological operations is to provide by means of concurrent engineering a complex of functional and operational properties of the product while observing the parameters of accuracy and quality of surfaces, service life, as well as organizational, technical and economic constraints specified by the designer [3].

2. Research Methodology

The main purpose of the given research is to assess the mutual influence of the main technological parameters (cutting modes) on the formation of residual stresses and strains during the cutting process with a edge tool. The influence of cutting parameters on the formation of stress - strain state (including the residual) is usually presented in the form of statistic equations [4], based on conducting experiments using the method of one- or multifactor experiment. Therefore, the main task, the solution of which is proposed in this article, is the generalization and system analysis of methodological studies of the influence of force, thermal factors and parameters of the cutting tool geometry on the formation of the stress - strain and thermodynamic state of the workpiece surfaces during the cutting process. The analysis of such a problem - oriented simulation is the basis for constructing predictive models of the influence of the structure and parameters of the technological process on the formation of a complex of operational properties of the product.

Finite element analysis (FEA) is a computerized method for predicting how a product reacts to real-world forces, vibration,

heat, fluid flow, and other physical effects. DEFORM is a professional process simulation system software specially designed for metal forming, which is used to analyze metal forming and its related various forming processes and heat treatment processes. DEFORM can be used to simulate the entire process of part manufacturing, from forming, heat treatment to machining.

3. Results of investigation

The presence of residual stresses and plastic deformations generated as a result of the cutting process is confirmed by the results of microhardness measurements.

The cutting speed and feed have the greatest influence on the deformation of the surface layer, because these parameters of the cutting mode determine mainly the mechanical and thermal effect on the metal. As the cutting speed increases, the strain rates and the heating temperature increase, but the duration of stresses and the heating time of the surface layer of the workpiece decrease. Increasing heating of the deformed metal with increasing cutting speed increases the diffusion mobility of atoms, activates the softening processes due to recrystallization, thereby reducing the intensity of deformation hardening of the surface layer. If the strain rate exceeds the recrystallization rate, only partial removal of the strain hardening is observed, despite the fact that the deformation will occur at a temperature exceeding the recrystallization temperature. The simulated rheological studies of technological transitions of machining of parts from the most representative machinery materials show that with increasing cutting speed the thermal effect on the deformed metal of the surface layer increases and hardness decreases.

In comparison with other parameters of the cutting parameters, the feed rate has the most significant effect on the deformation hardening of the surface layer. The dependences of the depth and value of hardening on the feed are extreme, i.e. there is an optimal feed, in which this hardening is the least

important. The optimal feed for heat - resistant alloys is about 0.1... 0.15 mm/rev. The increase in strain hardening with decreasing feed outside the optimal feed values is explained by the influence of the sliding process of the cutting edge , which creates additional deformation of the surface layer The force load and the heating temperature of the metal in the cutting zone determine the nature of these dependences. The feed has the most important effect on the force acting on the surface layer. When turning , planning and drawing with increasing depth of cut , the main parameters of deformation hardening increase. The rake angle of the tool cutter also affects the conditions of chip formation , which determine the formation the surface layer. For example , when turning a NiCr20TiAl alloy with a change in the rake angle from + 15 ° to (-15 °) , the depth of hardening increases 3 times , which is associated with an increase in the resistance of the chips on the rake face of the cutter.

Rheological simulation of the heat - resistant alloy IN 718 turning , determined on the basis of the analysis of the simulation model in Deform 2D showed a decrease of the hardness by 55 % compared with the processing of steel AISI 1045 in cutting parameters - feed $S = 0.25$ mm ; cutting depth $t = 1$ mm ; cutting speed $V = 120$ mm/min. The reduction of hardness in this case can help increase the strength and decrease the plastic properties of alloys and significantly reduce the coefficient of friction on the flank face of the cutter.

It is known that the degree of hardening is defined as the ratio of the initial H_0 and the newly created (after machining) H hardness of the workpiece to its initial value :

$$N = \frac{H - H_0}{H_0} \quad (1)$$

when turning heat - resistant alloys , the degree of hardening can be calculated according to the empirical equation [5] :

$$N = 40hT_0^{-0.72} \quad (2)$$

where h is the depth of hardening, which is determined by the results of rheological simulation of machining, μm ; T_0 - temperature in the cutting zone when working with a carbide tool, which can also be determined by the results of rheological simulation.

Scheme for determining residual strains on the basis of a 2D model of milling a workpiece made of steel AISI-N-13 by the Coro Mill 300 cutter with a R300-1032E-PL S30T insert $\gamma = 8^\circ, \alpha = 15^\circ$ ($S = 0.1 \text{ mm}$, $t = 0.25 \text{ mm}$, $V = 120 \text{ m/min}$) is shown in Fig. 1. The total path of the tool along the length of the machined part of the part is separated into 22 ranges, and along the depth into 10 measurement ranges in order to analyze the dynamics of attenuation and studying the residual component of the stress - strain state as the aftereffect of the machining process.

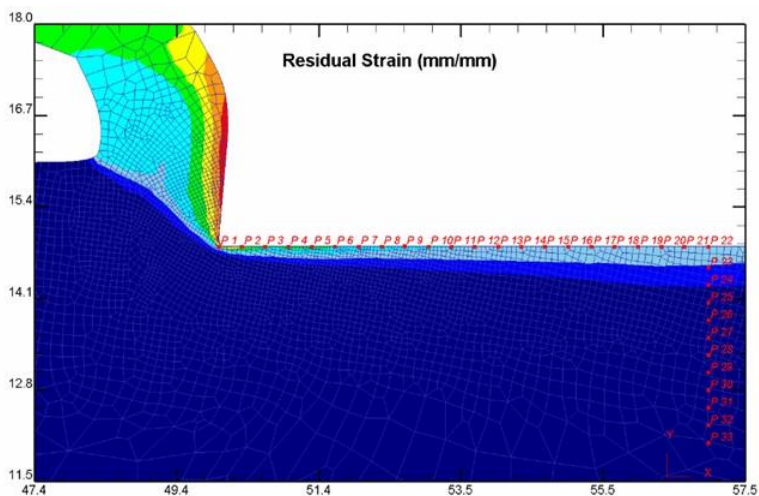


Fig. 1. Scheme for determining residual strains.

The pattern of residual strains rheological simulation during milling a workpiece (material is alloyed steel X40CrMoV5) by the CoroMill 300 cutter with the R300 1032E - PL S30T insert ($\gamma = 8^\circ, \alpha = 15^\circ, S = 0.1 \text{ mm}, t = 0.25 \text{ mm}, V = 120 \text{ m/min}$) is shown in Fig. 1. As a result of thermodynamic relaxation with increasing distance from the tip of the cutting wedge along the processed surface, these deformations exponentially decrease to some steady - state value in the zone of thermal deformation stabilization. It is this value that is the residual strain. The curve of residual strains (Fig. 2) shows the interference pattern of the fluctuations in thermal, load and frictional processes arising in the cutting process. The average statistical value of residual strain in the zone of thermal stabilization (at a temperature of about 100° C) will be approximately $\varepsilon \approx 2.5$.

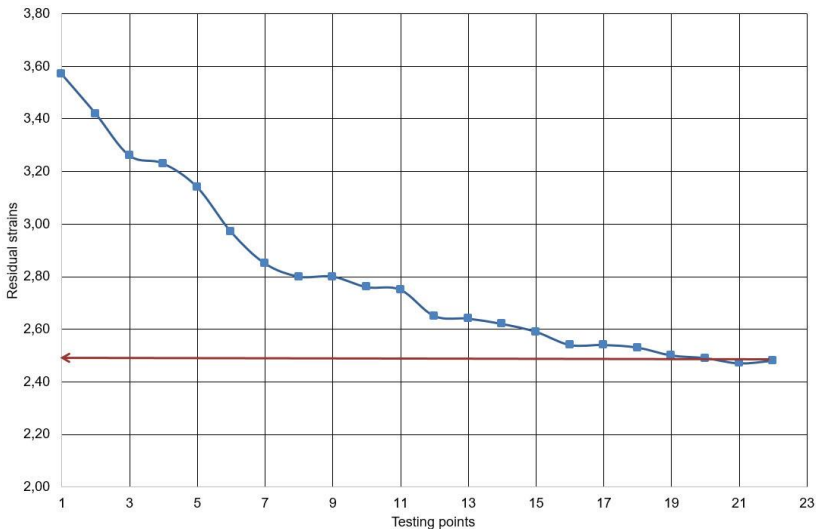


Fig. 2. Graph of surface residual strains obtained as a result of rheological simulation of milling a workpiece made of X40CrMoV5 ($S = 0.1 \text{ mm}, t = 0.25 \text{ mm}, V = 120 \text{ m/min}$).

The method for determining the depth of residual strains is similar, but the test points for measuring deformations are not located along the length of the processed surface, but into the deep (Fig. 1). It is obvious that the modeling of the depth pattern should also be done in the zone of thermal stabilization of the machined surface. The simulation results are shown in Fig. 3.

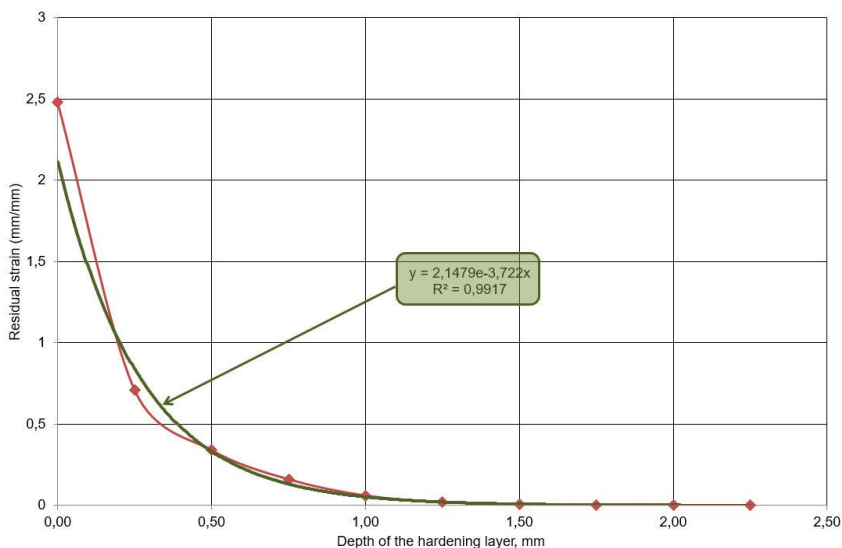


Fig. 3. Graph of residual strains into the deep obtained as a result of rheological simulation of milling a workpiece made of X40CrMoV5 ($S = 0.1$ mm, $t = 0.25$ mm, $V = 120$ m/min).

The presence of local traces of residual strains during the machining of plastic materials (for example, titanium alloys) is due to the complex nature of the dynamic load on the tool (Fig. 4). The sinusoidal and dissonant character of the longitudinal and transverse component of the cutting force causes local hardening zones of the material and local softening zones of the surface layer to appear on the surface. The most representative of this can be seen in the results of modeling in Deform 3D (Fig. 5). The

presence of local traces of residual strains during the machining of plastic materials (for example, titanium alloys) is due to the complex nature of the dynamic load on the tool (Fig. 4). The sinusoidal and dissonant character of the longitudinal and transverse component of the cutting force causes local hardening zones of the material and local softening zones of the surface layer to appear on the surface. The most representative of this can be seen in the results of modeling in Deform 3D (Fig. 4). The presence of alternating hardness zones significantly reduces the fatigue strength of the surface and the corrosion resistance of the machine part. Therefore, an important step in assigning cutting parameters for such alloys is to reduce the dynamic component of the force action. The general recommendations of such study are presented in [6].

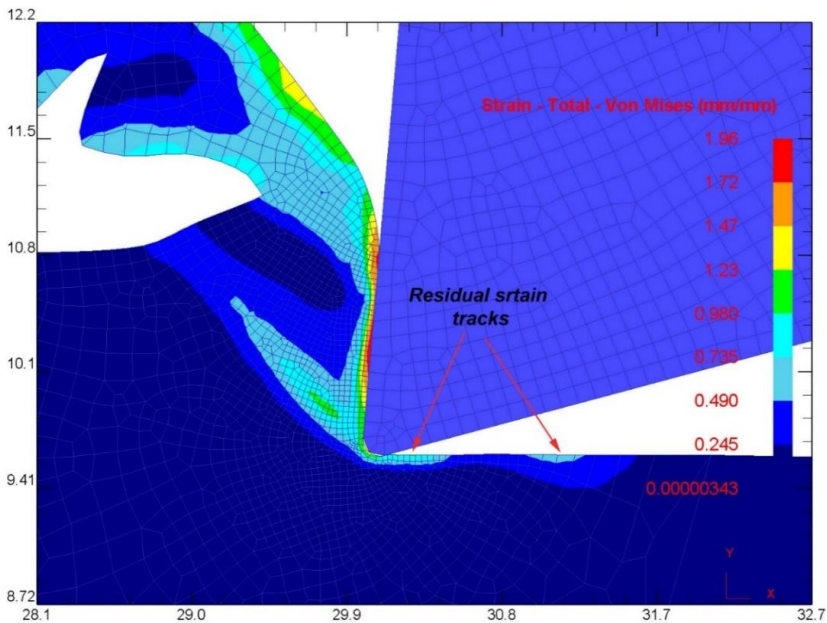


Fig. 4. Local traces of residual strains during the machining of titanium alloy Ti6Al4V.

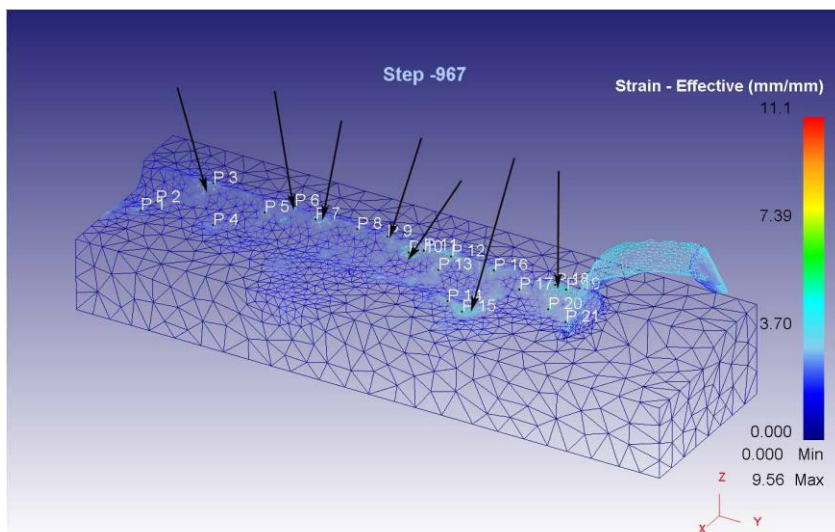


Fig. 5. Local traces of residual strains simulated in Deform 3D.

The analysis of the adequacy of modeling was carried out as a result of comparison with the results of experimental studies. Such comparative results were carried out using the method of measuring the microhardness of the surface layer before and after machining. The analysis of the research results showed the comparability of the surface hardening value obtained as a result of modeling and as a result of experimental research within 6-8 %.

4. Conclusions

Analysis of the influence of the technological operations data such as cutting parameters, tool's material, the geometry of the cutting wedge etc. on the residual strains, carried out on the basis of rheological simulation in Deform 2D and 3D allowed us to draw main following conclusions:

1. Qualitative and quantitative nature of the distribution of strains proves the adequacy and effectiveness of the used methods for the formation of the analytical base in the functionally-oriented technological process planning.

2. The influence of the cutting speed is declared, first, in the change in the duration of the thermal contact and force impact between the flowing chips, the treated surface and the cutting wedge of the tool.

3. The presence of local traces of residual strains during the machining of plastic materials (for example, titanium alloys) is due to the complex nature of the dynamic load on the tool. The sinusoidal and dissonant character of the longitudinal and transverse component of the cutting force causes local hardening zones of the material and local softening zones of the surface layer to appear on the surface.

4. The presence of alternating hardness zones significantly reduces the fatigue strength of the surface and the corrosion resistance of the machine part. Therefore, an important step in assigning cutting parameters for such alloys is to reduce the dynamic component of the force action.

REFERENCES

1. Krueger C.W. Mechanical product lifecycle management meets product line engineering. In : Proceedings of the 19th International Conference on Software Product Line, Association for Computing Machinery, New York, 2015. vol. 1, 316-320.

2. Stupnytsky V. Features of Functionally - Oriented Engineering Technologies in Concurrent Environment. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 2013. 2 (9) , 1181-1186.

3. Davim J.P. Surface Integrity in Machining. Springer Science & Business Media, London, 2010. 70.

4. Stupnytsky V., Hrytsay I. Comprehensive analysis of the product's operational properties formation considering machining technology. Archive of mechanical engineering, 2020. 67 (2). 149-167.

5. Dolyniak Y., Stupnytsky V. Rheological modeling and analysis of the influence of technological factors on the 2nd kind's residual stresses formation. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 2015. 9-10, 31-34.

6. Stupnytsky V., Hrytsay I. Simulation Study of Cutting - Induced Residual Stress. In : *Advances in Design , Simulation and Manufacturing. DSMIE - 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*, 2019. 341-350.

УДК 544.723.2

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД ФОСФАТІВ ТА ПОВЕРХНЕВО АКТИВНИХ РЕЧОВИН МЕТОДОМ СТИМУЛЬОВАНОЇ АДСОРБЦІЇ

Федів І.С., Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

Поверхнево-активні речовини та фосфати, у ролі миючих засобів, застосовують практично більшість галузей промисловості. Вони, потрапляючи разом із стічними водами, у водойми викликають вспінювання, погіршують органолептичні властивості води, порушують процеси обміну кисню, токсичної діють на фауну. Найзабрудненішими є комунально-побутові стічні води, частка яких становить 15–20 % від усіх категорій стічних вод [1,2].

У сучасному світі, при наявності проблеми дефіциту води, пошук оптимального методу очищення є актуальним. Проведений аналіз існуючих на сьогоднішній час способів очистки стічних вод, таких як, механічний, фізико-хімічний і біологічний, дозволив виділити два останніх стосовно СПАР та фосфатів, тому що механічний спосіб здатен очищувати воду лише від крупних часточок, а не від речовин в молекулярному стані. Крім того, технології анаеробної біологічної очистки, які діють на міських очисних спорудах в Україні, і в тому числі у Львові, не здатні за рахунок біоценозів («активного мулу») очистити стічні води від токсичних синтетичних речовин [3].

Біологічне значення ПАР, як фактора забруднення гідросфери, значною мірою визначається їх фізичними властивостями: спроможністю знижувати поверхневий натяг, високою здатністю до піноутворення, емульгування та стабілізації у воді інших забруднювальних речовин. ПАР не

тільки негативно впливають на якість води, але й підсилюють дію багатьох інших речовин, зокрема інгредієнтів стічних вод, у певних концентраціях сприяють інтенсивному розвитку мікрофлори, зокрема і сапрофітної.

Щодо негативному впливу ПАР на навколишнє середовище, спричиненого їх функціональним властивостям, слід зауважити, що зменшення поверхневого натягу у випадку потрапляння ПАР в водойми приводить до зниження вмісту вуглекислого газу та кисню в воді. ПАР разом із жирами, нафтопродуктами та маслами утворюють на поверхні води плівку, яка перешкоджає газообміну між водою та атмосферою, що додатково знижує ступінь насиченості води киснем. ПАР також адсорбуються на поверхні частинок піску, глини чи ґрунту, завдяки чому їх біорозклад значно сповільнюється. Побічною дією такої адсорбції є одночасна десорбція іонів важких металів, адсорбованих цими частинками, у водне середовище [4].

Основним наслідком збільшення концентрації фосфатів у поверхневих водах є евтрифікація водойм – неконтрольований розвиток синьо-зелених водоростей, який спричиняє "цвітіння" води. Стратегію мінімізації вмісту фосфату у мийних засобах або створення безфосфатних форм реалізують всі передові країни світу. На сьогодні в таких країнах як Німеччина, Австрія, Швейцарія, Норвегія, Нідерланди, домогосподарки користуються мийними засобами без вмісту фосфатів. У деяких країнах безфосфатні мийні засоби займають частину ринку: Бельгія – 80 %; Данія – 54 %; Фінляндія – 40 %; Швеція – 40 %; Франція – 30 %.

У США в третині усіх штатів діють закони про заборону використання мийних засобів, які містять фосфати. Ось уже 15 років в Японії припинили використання мийних засобів. Аналогічна ситуація і в Республіці Корея, Таїланді, Гонконзі, Тайвані та в багатьох інших державах [5].

Для визначення ПАР у стічних водах найчастіше застосовують: екстракційні методи, гравіметрію, двофазне титрування з використанням змішаних індикаторів, пряме колориметричне титрування, титрування з осадженням, спектрофотометрію, рідинну, адсорбційну, йонообмінну, тонкошарову, газову хроматографію, фотоколориметрію, ІЧ-спектроскопію, ядерний магнітний резонанс та інші методи. Основними недоліками їх є: висока вартість, складність у користуванні і обслуговуванні, що вимагає висококваліфікованого персоналу. Тому найбільш перспективними є методи визначення концентрації ПАР за поверхневим натягом, оскільки існує прямий зв'язок між концентрацією ПАР у воді та зміною поверхневого натягу, зникає необхідність у використанні реактивів, відібрані проби не потребують консервації та попередньої обробки.

Для визначення фосфатів у стічних водах самим оптимальним методом є фотометричний, який базується на кольоровій реакції із молібденовокислим амонієм за присутності гідрохінону і натрій сульфату. Недоліком даного методу є його діапазон вимірювання, який становить до 1 мг/дм³. Тому, при наявності у стічних водах концентрації більшої з 1 мг/дм³, потрібно проби розбавляти, тим самим ми збільшуємо похибку результатів вимірювань. Для даного методу не потрібно кваліфікований персонал тому, це метод під силу для кожного.

Повертаючись до діючих методів очищення та очисних споруд, які були побудовані тоді, коли забруднення води біогенними елементами ще не було таким інтенсивним, тому зараз вони часто не справляються з таким обсягом забруднень і не забезпечують нормативну якість води.

Тому повне біологічне очищення слід доповнювати додатковими методами. Однак особливістю стічних вод, що пройшли біологічне очищення є те, що концентрації речовин є невисокими і адсорбційні процеси є найбільш доцільними

для їх очищення. Адсорбція є найпопулярнішою завдяки високій ефективності, простоті використання та доступності різних адсорбційних матеріалів. Загалом існує велика потреба для нових екологічно чистих і економічно ефективних матеріалах для розділення багатокомпонентних розчинів та вилучення шкідливих компонентів зі стічних вод.

Природні глинисті мінерали та цеоліти є перспективними адсорбційними матеріалами, що характеризуються значною площею поверхні.

Цеоліти – це поширені матеріали, які використовуються в різних хімічних процесах та промисловості. Цеоліти мають унікальні структурні особливості пор, яким характерна специфічна щільність, що демонструє хороші показники у ефективності очищення розчинів від домішок [6]. Характеристики цеолітових матеріалів дають змогу змінювати та розширювати їх сорбційні властивості за рахунок модифікування, що істотно підвищує ефективність видалення та селективність поглиначів, а також сприяє одночасному видаленню декількох забруднюючих речовин [7]. У порівнянні з іншими наноматеріалами, перевага цеолітів у їх доступності та низькій вартості [8].

Модифіковані природні цеоліти використовуються для очищення від забруднюючих речовин, шляхом поглинання аніонів зі стоків за рахунок протікання процесу адсорбції. Процеси гідратації–дегідратації та катіонного обміну з водними розчинами протікають без значних змін структури. Катіонообмінна ємності таких матеріалів є відносно високою – від 200-300 м-екв. на 100 г [9,10]

Природні цеоліти відносяться до середнього класу іонообмінних сорбентів. Їх хімічний склад змінюється в рамках, масова частка %: SiO_2 – 66–72; Al_2O_3 – 11–14; Fe_2O_3 – 0,6–1,7; CaO – 0,5–2,0; MgO – 0,1–0,5; MnO – 0,06; K_2O – 2,8–4,8; Na_2O – 1,34–3,55; TiO_2 – 0,23–0,45; P_2O_5 – 0,01; H_2O – 3,7–13,5. За хімічним складом цеоліти відносяться до алюмосилікатів [11].

Шарувата структура та висока здатність до обміну катіонів, хімічна та механічна стійкість глинистих мінералів поряд з низькою вартістю робить їх привабливою сировиною для одержання ефективних та доступних сорбентів для очищення рідких та газових середовищ. Однак їх сорбційні характеристики дещо нижчі порівняно з синтетичними матеріалами. Попередня обробка глинистих сорбентів покращує їх сорбційну активність.

Для цього використовують різні методи, зокрема гідротермальне очищення сорбенту, прожарювання, промивання содовими розчинами, неорганічними кислотами, органо-мінеральними композитами та різними видами опромінення. В останні роки перспективним способом попередньої обробки сорбентів є обробка мікрохвильовим випромінюванням. Такі дослідження проводилися на природних глинах та на синтетичних сорбентах (активоване вугілля, іонообмінні смоли тощо). Вони показали, що опромінення бентоніту мікрохвильовим випромінюванням призводить до зміни розподілу мікропор на поверхні мінералу. Під впливом мікрохвильових електромагнітних полів з'являються нові мікротріщини і подрібнюються великі зерна, що збільшує активну площу поверхні сорбенту. Крім того, використовується комбінований активуючий ефект кількох факторів: додавання мінеральних кислот, нагрівання та мікрохвильове опромінення.

Природні цеоліти зустрічаються на теренах всього світу, власне географічне розташування надає їм певних особливостей, але основним залишається те, що вони є гідратованими алюмосилікатами лужних (Na^+ , K^+) та лужноземельних (Ca^{2+} та Mg^{2+}) елементів. Утворення цеолітів-кліноптолітів відбувається внаслідок дії високих температур, тиску та мільйонів років, що впливають на осаджені шари вулканічного попелу, та фізичних та хімічних змін порід. Використання кліноптилоліту датується 50-ми роками 20-го

століття, коли даний матеріал був вже достатньо вивчений. Кліноптіоліт відноситься до цеолітної групи мінералів. Структура мінералу є трьохвимірною решіткою, складається з кремнекислих солей, що взаємно поєднані киснем, частина кремнієвих атомів замінена атомами алюмінію, тим самим створюється велика кількість пор, що з'єднуються між собою та можуть бути використані для поглинання катіонів металів або молекул води. Об'єм пор коливається від 24 до 32 %. Кліноптіоліт знаходить своє застосування не лише в промисловості як оптимальний матеріал для водоочистки, а і в будівництві, сільському господарстві, тваринництві. Повертаючись до питання мінералу, варто зазначити, що за рахунок своєї структури, що складається з пор та каналів, кліноптіоліт максимально здатен до адсорбції і іонного обміну, що є однією з найцінніших функцій в дослідженнях очистки вод від металів. Варто зауважити, що розмір пор, висока селективність, адсорбційна здатність та висока питома площа поверхні, в залежності від відношення Si/Al, відіграє важливу роль у продуктивності матеріалу і в залежності від співвідношення продуктивність адсорбції зростає і призводить до більш високих теплових та фізичних показників. В разі меншого співвідношення цеоліти демонструють більшу адсорбційну ємність, адже саме алюміній в структурі відповідає за створення катіонних центрів. Також було встановлено, що наявність кремнезему надає кращі іонообмінні характеристики. Отже, цеоліти з меншим співвідношенням Si/Al демонструють більшу катіонообмінну ємність, адже, чим більше алюмінію в структурі, тим більше катіонних центрів. Цеоліти із середнім і великим розміром пор більш ефективні для адсорбції та застосування у каталізі. Природні кліноптіоліти демонструють високу ефективність у очистці стічних вод [12].

Існує декілька досліджень, присвячених адсорбції токсичних іонів за допомогою модифікованих поверхнево-

активними речовинами адсорбентів. У таблиці 1 наведені оптимальні умови та максимальна здатність поглинання для різних адсорбентів, модифікованих поверхнево-активними речовинами. Серед наведених досліджень ефективність видалення 99,5% була отримана за допомогою двох адсорбентів, таких як дріжджі/цетилтриметиламоній бромід і DNPН/SDS/Fe₃O₄, що вказує на максимальний відсоток видалення важких металів адсорбцією [13].

Згідно з даними із досліджень, катіоногенна поверхнево-активна речовина СТАВ та аніоногенна поверхнево-активна речовина SDS були найбільш широко використовуваними поверхнево-активними речовинами для поліпшення властивостей поверхні адсорбентів і показали найвище підвищення ефективності видалення та адсорбційної здатності іонів металів. Тому вони можуть бути використані як модифікатори поверхонь адсорбентів у промислових масштабах. Серед усіх попередніх робіт максимальну ефективність сорбції (99,5%) показали DNPН/SDS/Fe₃O₄ та СТАВ-модифіковані дріжджі, які змогли видалити іони Cr (VI) та CrO₄²⁻ відповідно. Також вони показали значну сорбційну здатність [13].

Коли поверхнево-активна речовина вбудовується в пори глиняної поверхні, це спричиняє розширення проміжних шарів, що призводить до збільшення об'єму та діаметра пор і, таким чином, до зменшення питомої поверхні [14]. Також в дослідженні [15] бачимо, що модифікування бентонітової глини катіоногенною поверхнево-активною речовиною (Бенсилгексадецилдиметиламонію хлорид) призводить до того, що катіони міцел ПАР вбудовуються в проміжні шари бентоніту і замінюють обмінні катіони. Це призводить до заміни функціональних груп природного бентоніту на катіоногенні поверхнево-активні речовини, які домінують в адсорбції іонів важких металів. Модифікування також запобігає набухання бентоніту.

Крім того, Munir та інші зауважили, що рожева глина має більшу площу поверхні та об'єм пор після модифікування за допомогою катіоногенної поверхнево-активної речовини цетилтриметиламоній броміду. Також, вони показали, що адсорбент, модифікований катіоногенною поверхнево-активною речовиною, має високий потенціал для видалення амарантового барвника [16]. Катіоногенні поверхнево-активні речовини можуть збільшити як аніонну адсорбційну здатність, так і катіонну спорідненість глин, хоча модифікації обмежені їх зовнішніми поверхнями. Крім того, глини, модифіковані поверхнево-активними речовинами, можуть адсорбувати катіони металів і створювати комплекси, в яких активні центри на їх поверхні мають негативні заряди [17].

Також перспективним методом покращення сорбційної здатності є надвисокочастотне опромінення (НВЧ) глинистих мінералів. В результаті сумісної дії промивної води та НВЧ ЕМВ передбачається звільнення мікропор сорбенту від власних домішок природного походження а також утворення нових мікропор. Стимуляція НВЧ є вигідною порівняно з хімічним модифікуванням, оскільки не вимагає додаткових реагентів та встановлення додаткової стадії обробки. Також не можна відкидати ймовірність того, що саме під дією НВЧ ЕМВ, у присутності полярних молекул води, виникають сприятливі умови для утворення центрів кристалізації солей достатньо активних металів на поверхні інертної алюмосилікатної фази [18,19,20].

Запаси природних цеолітів на Україні оцінюються мільйонами тон, а їх висока ефективність та дешевизна у порівнянні з синтетичними адсорбентами забезпечує їх широке застосування. Цеоліти завдяки розвиненій поверхні та специфічній структурі пор дають змогу застосовувати їх в ролі селективних адсорбентів. Крім того, вони володіють високою термічною стійкістю і легко модифікуються. Тому

актуальним є дослідження теоретико-практичних аспектів використання природних цеолітів, у першу чергу встановлення їх сорбційної здатності та можливості її збільшення шляхом модифікування.

Таблиця 1

Огляд сорбції ПАР-модифікованими адсорбентами [13]

Адсорбент	Полутанг	pH	Час (хв)	T (°C)	K-ція (мг/л)	K-сть адсорбента (г/л)	Макс. сорбційна ємність (мг/г)
CaO/Fe ₃ O ₄ /SDS	Cr (III)	5	50	25	5	2	98.7 6.406
HDTMA-Вг модифікована каолінова глина	As (III)	6	60	25	5	4	близько 85 2.3
HDTMA-Вг модифікована каолінова глина	As (IV)	6	60	25	5	4	близько 90 2.88
Бентоніт модифікований бензилгексадецилдиметиламонію хлорид	Cu (II)	5	80	-	50	5	94.75 50.76
Бентоніт модифікований бензилгексадецилдиметиламонію хлорид	Zn (II)	5	80	-	50	5	98.90 35.21
DNPH/SDS/Fe ₃ O ₄	Cr (VI)	4	90	25	50	0,5	99,5 169,5
SDS-GO	Ni (II)	9	1440	25	40	5	98 55.16
Оксид алюмінію модифікований SDS	Mn (II)	6	30	30	20	20	84 1.31
Цеоліт модифікований цетилпіридин бромідом	Nitrate	6	1440	25	88.6	4	- 9.68
СТАВ модифікований вуглицем	Cd (II)	8	120	30	30	1	98 279,5
СТАВ модифікований вуглицем	Pb (II)	5.8	120	30	30	2	98.89 -
СТАВ модифікований дріжджами	CrO ₄ ²⁻	5.5	0	-	208	0.5	99.5 94.34

ЛІТЕРАТУРА

1. Айвазов В. В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции. — М.: Высш. шк., 1973. — 206 с.
2. Абрамзон А. А. Поверхностно-активные вещества. — Л.: Химия, 1981. — 304 с.
3. Запольський А. К. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод [Текст] / А. К. Запольський, Н. А. Мішкова-Клименко, І. М. Астрелін. — К.: Лібра, 2000. — 552 с.
4. Болдін А.А. Хімічне забруднення природних вод / А.А. Болдін // Світ хімії : зб. наук. праць. — 2004. — № 9. — С. 123-128.
5. Фосфатні чи безфосфатні пральні порошки? Вибір за Вами!. [Електронний ресурс]. — Доступний з <http://hmarka.ua/uk/articles/fosfatni-chi-bezfosfatni-poroshki-vibir-za-vami/>
6. Liu R, Lal R. Nanoenhanced materials for reclamation of mine lands another degraded soils: a review. J Nanotech. 2012. P. 1–17.
7. Inglezakis LV, Grigoropoulou H. Effects of operating conditions on the removal of heavy metals by zeolite in fixed bed reactors. J Hazard Mater. 2004. Vol. 112. P. 37–43.
8. Eyde TH. Zeolites, Minerals Eng. 2010. P. 62–86.
9. Ming DW, Allen ER. Use of natural zeolites in agronomy, horticulture and environmental soil remediation, Rev Mineral Geochem. 2001. Vol. 45(1) P. 619–654.
10. Daniel Pramudita, Irwan Iskandar, Antonius Indarto Institut Teknologi Bandung, Bandung. Nano-enhanced materials for reclamation of mine spoils. Bio-Geotechnologies for Mine Site Rehabilitation. 2018. P. 201–214.
11. T.P. Belova. Adsorption of heavy metal ions (Cu²⁺, Ni²⁺, Co²⁺ and Fe²⁺) from aqueous solutions by natural zeolite. Heliyon. Vol. 5 (9).

12. H. Kazemian, K. Gedikb and I. Imamoglu, In *Natural Zeollites* Bentham. Science Publishers. 2012. P. 473–508.

13. Sajad Tamjidi, Bahareh Kamyab Moghadas, Hossein Esmaeili, Farideh Shakerian Khooa, Gholamhossein Gholami, Mansoure Ghasemi. Improving the surface properties of adsorbents by surfactants and their role in the removal of toxic metals from wastewater: A review study. *Process Safety and Environmental Protection*. 2021. Vol. 148. P. 775–795.

14. Mudzielwana, R., Gitari, M.W., Ndungu, P. Performance evaluation of surfactant modified kaolin clay in As (III) and As (V) adsorption from groundwater: adsorption kinetics, isotherms and thermodynamics. *Heliyon*. 2019. Vol. 5. e02756.

15. Tohdee, K., Kaewsichan, L. Enhancement of adsorption efficiency of heavy metal Cu (II) and Zn (II) onto cationic surfactant modified bentonite. *J. Environ. Chem. Eng.* 2018. Vol. 6. P. 2821–2828.

16. Munir, M., Nazar, M.F., Zafar, M.N. Removal of amaranth dye over surfactant modified dull pink clay from aqueous medium. *Int. J. Environ. Anal. Chem.* 2020. P. 1–18.

17. Jiménez-Castaneda, M.E., Medina, D.I. Use of surfactant-modified zeolites and clays for the removal of heavy metals from water. *Water*. 2017. Vol. 9. P. 235.

18. Сиса Л. В. Покращення параметрів сорбції іонів нікелю бентонітом внаслідок опромінення його надвисоко-частотними хвилями / Л. В. Сиса, Л. П. Шевчук, А.З. Концур // *Фізика і хімія твердого тіла*. 2017. - Т. 18. - № 4. - С. 431-437.

19. Степова К. В. Адсорбція іонів Купруму бентонітом в полі дії НВЧ випромінювання / К. В. Степова, Л. В. Сиса, А. З. Концур, О. Р. Мякуш // *Фізика і хімія твердого тіла*. - 2020. - Т. 21. - № 3. - С. 537-544.

20. Сиса Л. В. Використання мікрохвиль для активації бентоніту у процесах сорбції іонів нікелю з концентрованих водних розчинів / Л. В. Сиса, Л. П. Шевчук, А.З. Концур // *Фізика і хімія твердого тіла*. 2018. - Т. 19. - № 2. - С. 191-196.

УДК 621.833:621.7

ІМІТАЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

*Проданчук О.О., аспірант, Національний університет
«Львівська політехніка», Львів.*

Сучасний світ не стоїть на місці. Все нові й нові відкриття дарує людству наука. Технічний прогрес полегшує наше життя, дозволяє працювати продуктивніше, затрачуючи менше ресурсів.

Там де раніше фігурувала ручна праця, зараз функціонують роботизовані комплекси. Точність, висока ефективність та зменшення помилок, основні, та далеко не єдині плюси, які ми отримали завдяки заміні людини машиною. Хоч, звісно, творчі професії ще не скоро стануть доступними для штучного інтелекту.

Науковий поступ розкинув свій вплив не тільки на промисловість та виробничі потужності. Однозначно, дослідження одні з перших отримали у власне розпорядження сучасний інструментарій. Адже, саме надання переваги розвитку науки тягне за собою активний, а подекуди й революційний, розвиток у інших галузях, зокрема й у промисловості.

Ні для кого не секрет, якими затратними і фінансово, і фізично, та й у плані часу можуть бути дослідження. До прикладу, у сфері машинобудування, звичайні дослідження, будь то спостереження, чи експеримент вимагають:

- Витрат на досліджувані матеріали;
- Витрат на обладнання;
- Експертного супроводження спеціалістом;
- Робочих площ для розміщення усіх елементів експерименту;
- Витрат на розхідники та електроенергію.

Крім значних витрат важливо розуміти, що дослідження шляхом класичного експерименту чи спостереження практично завжди зазнають впливу сторонніх факторів, що може негативно впливати на репрезентативність отриманих даних. Повертаючись до прикладу сфери машинобудування, такими факторами можуть бути:

- Зношеність обладнання;
- Помилки обслуговуючого персоналу;
- Зношеність інструменту;
- Сторонні температурні та ін. впливи навколишнього середовища;
- Розбіжність у властивостях досліджуваних матеріалів.

Довгий час класичні методи досліджень були цілковито безальтернативними, та з розвитком сучасних технологій з'являлись усе нові й нові можливості для пізнання та дослідження світу. У сфері моєї діяльності, дослідження важкооброблюваних матеріалів, найбільш доцільним та ефективним себе показало імітаційне моделювання. Хоча, з допомогою різноманітних програмних застосунків, даний метод дослідження може використовувати у найрізноманітніших сферах.

Імітаційне моделювання – це метод, що дозволяє будувати моделі процесів, що описують, як вказані процеси проходили б на практиці. Імітаційна модель — логіко-математичний опис об'єкта, який може бути використаний для експериментування на комп'ютері в цілях проектування, аналізу і оцінки функціонування об'єкта. Запорукою точного процесу імітаційного моделювання є, перш за все, точність у створенні імітаційної моделі. Процес створення моделі являє собою вельми копітку працю, базою для якої є встановлення вихідних даних. Вихідними даними може слугувати геометрія досліджуваного об'єку, прикладуване зусилля та напрям його дії, і .т.д.

Імітаційне моделювання, як метод дослідження, являє собою процес створення математичної моделі зі змінюваними властивостями, на яку можна накладати різноманітні контрольовані обмеження, вводити у взаємодію з іншими математичними моделями, яким задаються властивості реальних фізичних об'єктів та явищ. На нинішньому етапі розвитку науки й техніки моделювання різноманітних процесів деформування в обробці металів відіграє досить важливу роль, чому сприяє декілька чинників: моделювання дозволяє досліднику зазирнути «всередину» процесу, оцінити які виникають напруги і деформації, передбачити появу дефектів; моделювання дозволяє визначити оптимальні параметри інструменту і заготовки для підвищення ефективності перебігу процесу; сучасні програмні комплекси моделювання забезпечують широкий спектр можливостей для роботи, вони дозволяють змодельовати практично будь-який процес, минаючи дорогі практичні експерименти.

Імітація як метод розв'язування нетривіальних задач отримала початковий розвиток у зв'язку із створенням ЕОМ в 1950х — 1960х, розвивається, вдосконалюється і залишається актуальною донині.

Головними перевагами імітаційного моделювання є дешевизна, можливість змінювати усі вхідні дані у процесі проведення самого моделювання, швидкість отримання масиву даних результатів. Одна математична модель може замінити собою цілу дослідницьку дільницю з дороговартісним обладнанням. Це забезпечується тим, що практично усі дані, котрі беруть участь у обчисленні фінального результату можуть бути редагованими. Здійснюючи поступові зміни у вхідних даних можна чітко прослідкувати залежності, на основі яких у подальшому проводити аналіз та оптимізацію.

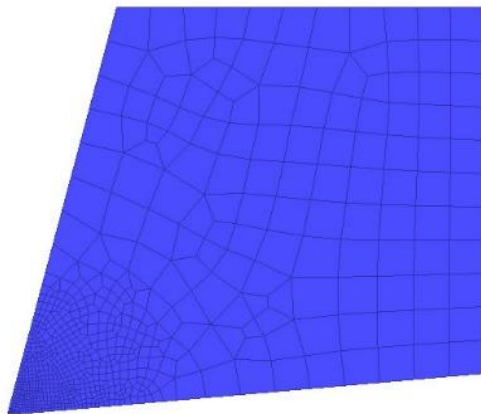
До недоліків методу можна віднести:

- складність створення моделі;
- складність попереднього підбору вхідних даних;
- необхідність спеціального програмного забезпечення;
- необхідність потужного комп'ютера.

Для кращого розуміння особливостей методу імітаційного моделювання розглянемо приклад дослідження високошвидкісної обробки металів даним методом. Обраний метод дослідження заключається в аналізі результатів імітаційного моделювання в системі реологічного моделювання DEFORM 2D. Було виконано порівняння найбільш суттєвих параметрів процесу різання сталі AISI 1020 на різних швидкостях та геометрії різця. Проаналізовані параметри напружено-деформованого та термодинамічного стану заготовки та інструменту за умов моделювання швидкості різання: 100 м/с; 800 м/с; 1600 м/с. Крім того, були проведені імітаційні дослідження зношування інструменту різної конструкції в умовах високошвидкісного різання[2]. Для зручності та наочності аналізу отриманих даних, весь масив результатів було оформлено у графічному форматі.

Якщо розглядати даний процес дослідження шляхом імітаційного моделювання більш детально, то, у програмному середовищі DEFORM 2D створюється математична модель різального інструмента (Рис.1), точно задається геометрія різця, його фізичні властивості. DEFORM-2D - система моделювання, призначена для аналізу двовимірної (2D) поведінки металу при різних процесах механічної обробки. Ця програма використовує найсучасніші досягнення в області моделювання процесів обробки, сприяє швидкому проведенню моделювання і може використовуватись не тільки у дослідних, а й у виробничих цілях.

Тип 1



Тип 2

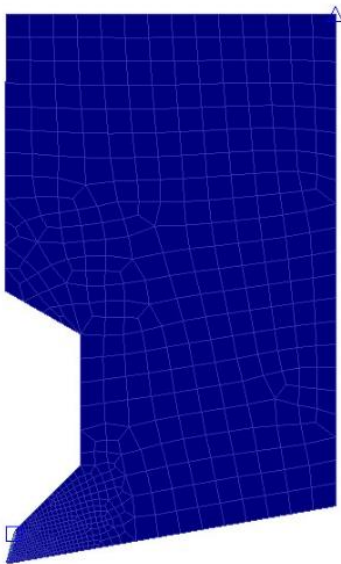


Рис.1. Математична модель різального інструмента

Далі створюється модель оброблюваної поверхні (Рис.2) і задається рух різця відносно неї. У результаті ми отримуємо взаємодію різальної поверхні інструменту та заготовки, температурну характеристику, інформацію зміни властивостей оброблюваного матеріалу, фізику поведінки стружки, при відділенні її різцем від заготовки.

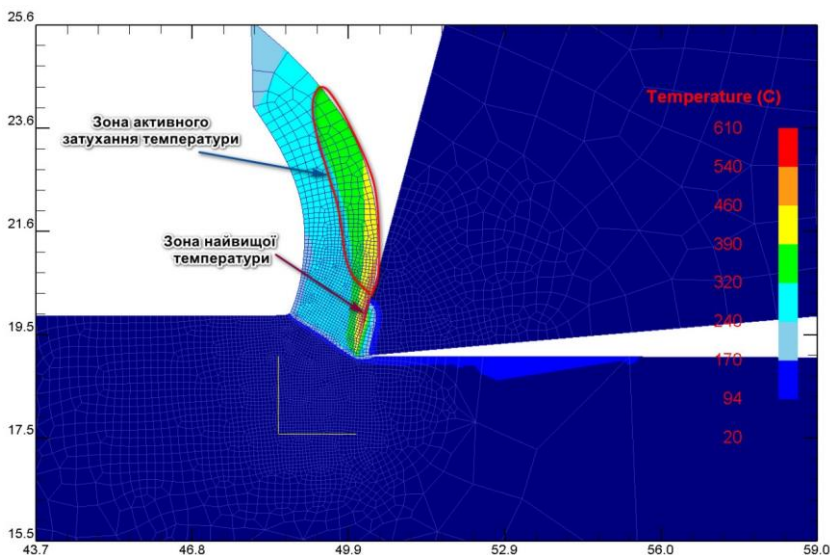


Рис.2. Модель оброблюваної поверхні

Після групування та виведення усього масиву одержаної інформації, дослідження повторюється вже з іншою моделлю різця або заготовки. Що дає можливість у подальшому провести порівняльний аналіз та зробити висновки про ефективність, приступити до модернізації конструкції, бо з проведеного дослідження випливає, що конструкція інструменту, точніше, його передньої поверхні, має суттєвий вплив на силу різання. Це пояснюється тим, що при механообробці утворюється стружка, й до того, як

її буде видалено з зони різання, вона встигає провзаємодіяти з передньою поверхнею різця, спричиняючи тертя [1]. Розподіл сили тертя не є однорідним, через що виникають зони більшого й меншого навантаження. Саме для того, щоб прибрати зону найбільшої інтенсивності й тим самим зменшити потрібну силу різання було модернізовано конструкцію й зменшено зону найбільшої взаємодії різця та стружки.

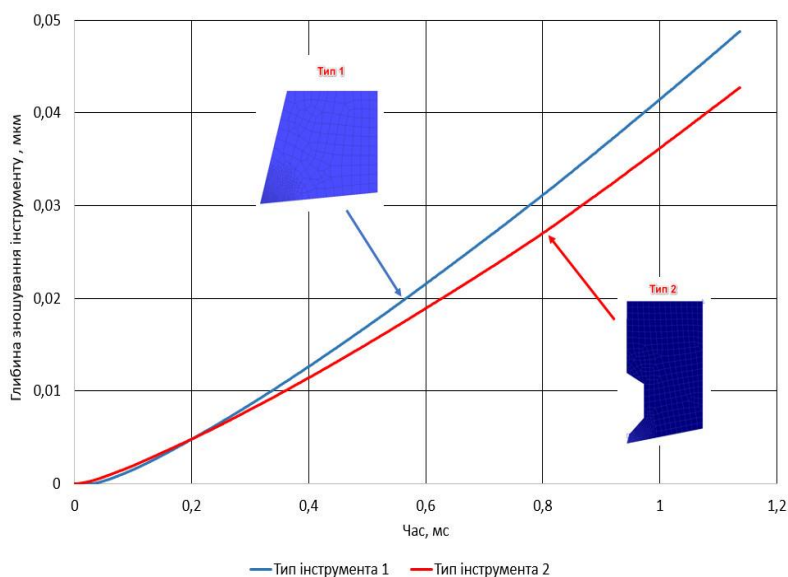


Рис.3. Порівняльний аналіз результатів дослідження

Імітаційне моделювання фактично є проведенням експерименту, який відбувається не на дослідних чи виробничих потужностях, а у програмному середовищі. Звісно, після пропрацювання багатьох математичних моделей та знаходження оптимальних характеристик, для подальшого практичного застосування експериментальних даних варто

провести практичну перевірку одержаних у програмі результатів.

Звісно, одержання та аналіз результатів на даному етапі розвитку програмних технологій неможливо повністю доручити комп'ютеру, обов'язковим залишається втручання людини з профільними знаннями та розумінням досліджуваних процесів.

До прикладу, при аналізі з допомогою імітаційного моделювання процесів механічної обробки металу, ми можемо одержати:

- масив даних температурних змін в залежності від геометрії ріжучої кромки леза інструменту;
- масив даних силових змін, залежних від аналогічних факторів;
- швидкісну характеристику обробки, та ін.

Сама по собі дана інформації не несе великої практичної цінності, бо потребує доопрацювання та професійного трактування інформації. Зокрема, при роботі з обробкою металу необхідно усвідомлювати роль кожної з досліджуваних характеристик, аби вносити вірні зміни у конструкцію спочатку математичної моделі, а згодом і експериментального зразка, для оптимізації конструкції та збільшення подальшої продуктивності.

Для кращого розуміння варто знову звернутися до прикладу на Рис.4. Після одержання повного масиву даних, перетворення інформації у графіки та пропрацювання, можна вносити зміни у конструкцію. Це необхідно для подальшого порівняння збільшення ефективності. У даному випадку головною зміною конструкції є корегування передньої поверхні інструменту, шляхом створення канавки. До даного рішення привів аналіз зон зношування, який продемонстрував, що на передній поверхні утворюється зона інтенсивного зношування, яка при практичному використанні може впливати на процес механічної обробки та навіть

призводити до браку кінцевого виробу. Натомість, усунення даної зони дозволить зменшити критичний вплив, рівномірно розподіливши його по лезу різця.

Необхідна модель знову підлягає імітаційному моделюванню, після чого, якщо результати відповідатимуть очікуванням, необхідно переходити до практичних випробувань, які, при правильному трактуванні теоретичного масиву даних, повинні підтвердити змодельований результат[3].

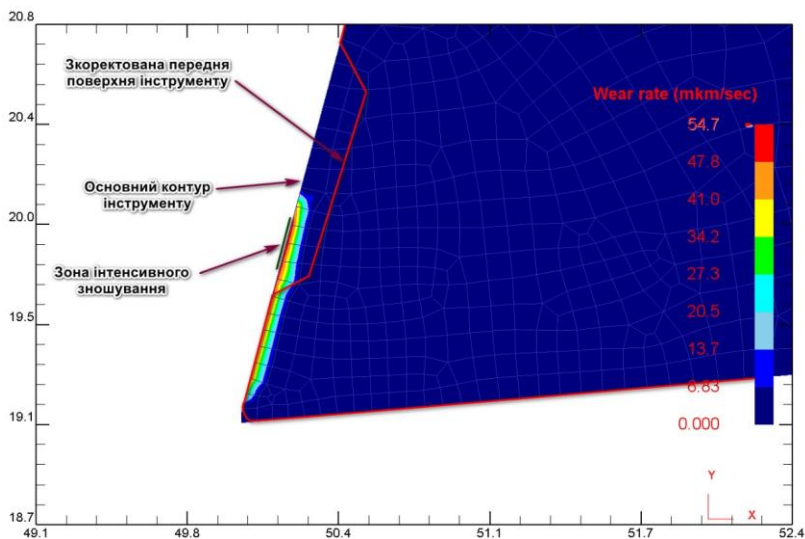


Рис.4. Пошук оптимальних рішень після акумулювання одержаних даних

Отриманий варіант інструменту зі зміненою передньою поверхнею має наступний вигляд (Рис.5.). Як можна помітити на діаграмі й інтерактивному відображенні, нам вдалося суттєво зменшити параметр зношування. Пояснення даного явища наступне, зменшивши передню поверхню інструменту, яка концентрує на собі зону найбільшого тертя й, відповідно, температур, ми прибравли точку максимальної

концентрації, суттєво зменшивши вплив на передню поверхню та інструмент загалом.

Дані параметри мають ключовий вплив на процес зношування, а так як і тепловий показник і сила різання більші у стандартного інструменту, то цілком логічно, що й зношування буде більшим. В основному, це пояснюється величиною тертя, котре руйнує матеріал інструменту й шляхом утворення мікроподряпин видаляє метал з поверхні. Також свій вплив, особливо для високошвидкісної обробки, має адгезійне та дифузійне зношування.

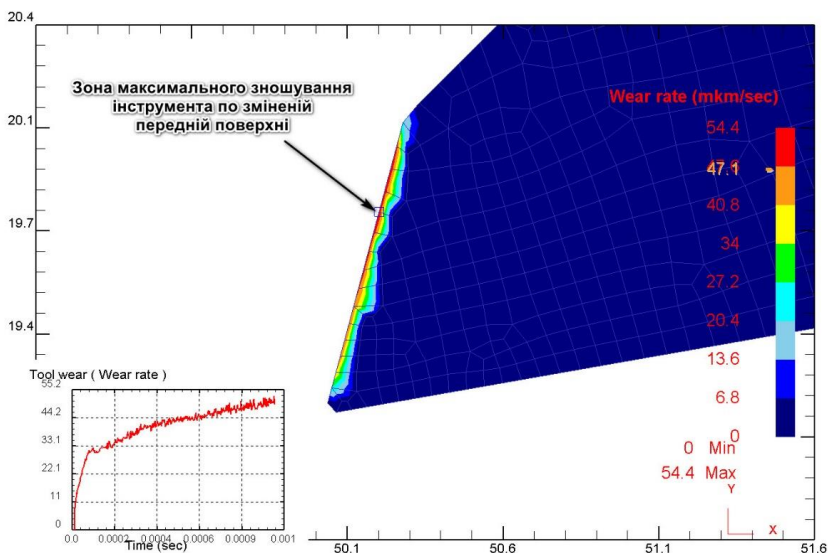


Рис.5. . Зона максимального зношування на поверхні модифікованого інструменту

Таким чином, завдяки імітаційному моделюванню нам вдалось знайти проблему існуючої конструкції металообробного різця та її вирішення, яке було успішно перевірено на математичній моделі. Було виконано аналіз параметрів напружено-деформованого та термодинамічного

стану заготовки та інструменту за умов моделювання при наступних швидкостях різання: 100 м/с; 800 м/с; 1600 м/с, де 100 м/с – звичайна обробка для порівняння з наступними досліджуваними високим швидкостями 800 м/с; 1600 м/с. Також були проведені імітаційні дослідження зношування інструменту різного формфактору в умовах звичайної обробки та високошвидкісного різання.

При дослідженні силових параметрів аналіз графічних залежностей показав, що при швидкості $V=1600$ м/хв сила різання на 17% перевищує показник, отриманий при моделювання процесу різання з швидкістю $V=800$ м/хв. Якщо ж порівнювати дані величини з значеннями, отриманими при швидкості $V=100$ м/хв, то різниця складає понад 23% та 30% відповідно.

При дослідженні температурних показників за швидкості $V=800$ м/хв температура інструменту становить 1150°C , при $V=1600$ м/хв -1400°C , тобто на 550 та 800 градусів більше за покази при $V=100$ м/хв (600°C). Приблизно 20%, саме така різниця існує між обробкою при $V=800$ м/хв та $V=1600$ м/хв.

При дослідженні залежності сили різання від конструкції інструменту за звичайної обробки видно різницю сил різання величиною у 8-9%, що дає змогу зробити висновок про зменшення необхідної сили різання для інструмента з удосконаленою конструкцією. Вже за високошвидкісної обробки отримані криві показують різницю сили різання для різних конструкцій майже 15%, що значно більше, ніж різниця при обробці різними інструментами на нормальній швидкості.

Це відкриває для нас можливість переходу до практичного експерименту і створення конкурентноспроможного продукту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Current Trends in High-Speed Machining. S.Smith, J. Tlusty. Dept. of Mech. Engr. Univ. of Florida, Gainesville, FL 32611.
2. Stupnytskyy, V., Prodanchuk, O., Stupnytska, N. (2022). Simulation Studies of High-Speed Machining. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham, pp. 332–344.
3. Стеценко І. В., Бойко О. В. Система імітаційного моделювання засобами сіток Петрі //Математические машины и системы. – 2009. – Т. 1.

УДК 378.016:159.9-057.86

ДО ПИТАННЯ ФОРМУВАННЯ ПРОФЕСІЙНО- ЕКСТРЕМАЛЬНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ПСИХОЛОГІВ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНОЇ СЛУЖБИ

Годій Л.В., науковий керівник — Сірко Р.І., д-р психол. н-к, доц., начальник кафедри практичної психології та педагогіки, Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,

Розвиток сучасного українського суспільства, світових тенденцій, стрімке запровадження інноваційних технологій, зростання темпу науково-технологічного прогресу сприяє висуванню все нових вимог до висококваліфікованого спеціаліста. У педагогічній науці проблематика підготовки та подальшої реалізації у професійній діяльності є актуальною у всі часи, так як справжній фахівець своєї справи визначає шлях своєї держави та її місце у світі. Основним завданням системи освіти, відповідно, стає підготовка висококваліфікованих і компетентних фахівців із креативним підходом до роботи та вирішення завдань, а також спроможних до високого рівня діяльності за фахом. У зв'язку з цим розвиваються нові погляди щодо проблематики розвитку компетентності людини в ході реалізації професійної підготовки та процесу її саморозвитку.

У зв'язку із суперечливими соціально-економічними умовами, запровадженням воєнного стану в Україні, значним поширенням надзвичайних ситуацій різноманітного характеру, кожного дня спостерігається їхній вплив на поведінку й життєдіяльність людини. Тому особливо сьогодні з впевненістю можна говорити про значущу роль психологів у житті суспільства.

У надзвичайних ситуаціях саме працівники ДСНС України проводять аварійно-рятувальні та інші невідкладні роботи з ліквідації їх наслідків, працюють з людьми, які переживають різні стресові стани, страждання, біль, втрату близьких або очікують вирішення їх долі. Складні умови професійної діяльності, велика кількість стресових факторів чинять негативний вплив і на самих працівників ДСНС України. Це зумовило необхідність створення у 2001 році служби психологічного забезпечення ДСНС України. Психологи неодноразово доводили свою затребуваність під час ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру: руйнування будинків, вибухів газу та військових арсеналів, трагедій на шахтах, проведення антитерористичних операцій, надання психологічної допомоги на вокзалах у воєнний стан тощо.

Так, перед професійною освітою України постають все нові виклики, для подолання яких, необхідно є ефективна підготовка практичних психологів, особливо, тих, чия діяльність здійснюється в особливих та екстремальних умовах. Орієнтація системи освіти на формування конкурентоспроможної особистості фахівця з високим рівнем професійної компетентності є основною метою підготовки психолога у закладах вищої освіти. Деякі важливі питання, пов'язані із підготовкою майбутніх психологів а саме оперативно-рятувальної служби, залишаються розкритими частково та потребують подальшого опрацювання.

Особливістю роботи психолога ДСНС є його діяльність в екстремальних ситуаціях, що передбачає роботу з потерпілими внаслідок надзвичайних ситуацій, зокрема надання екстреної психологічної допомоги. Слід зазначити, що до такої діяльності повинен бути підготовлений кожний практичний психолог, незалежно від профілю його спеціалізації та підходу. Психолог повинен бути різноплановим, здатним витримувати високе психоемоційне

навантаження, швидко реагувати на непередбачуваність ситуацій та реакції людей, володіти підвищеною відповідальністю за свої дії в умовах ризику, ефективно приймати рішення тощо. Тому для здійснення успішної професійної діяльності необхідно забезпечити формування професійно-екстремальної компетентності у процесі професійної підготовки у закладах вищої освіти, особливо із специфічними умовами навчання [13].

Проведений аналіз наукової літератури показав, що діяльність практичного психолога можна розділити на два періоди: повсякденна діяльність у звичайних умовах та діяльність у екстремальних ситуаціях. Повсякденна діяльність проходить в умовах монотонії, депривації та впливу несприятливих факторів, які спричиняють значне психічне навантаження. При екстремальній діяльності напруженість роботи психолога оперативно-рятувальної служби значно зростає, посилюється вплив на центральну нервову систему, що вимагає формування нового динамічного стереотипу, невластивого особистості у звичайних умовах. З цього випливає, що ефективна здатність до професійної діяльності в особливих умовах забезпечується власне професійно-екстремальною компетентністю.

Термін «компетентність» є зараз досить широковживаним у сучасній педагогічній науці і практиці, що відповідно відображає актуальні тенденції щодо розвитку процесу професійної освіти під впливом різноманітних факторів.

Розглянемо поняття компетентність, а саме як її трактують в нормативно-правових актах в Україні. Відповідно до Закону України «Про освіту» від 05.09.2017 року №2145-VII компетентність – це «динамічна комбінація знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, цінностей, інших особистих якостей, що визначає здатність

особи успішно соціалізуватися, провадити професійну та/або подальшу навчальну діяльність» [12].

У Законі України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 року №1556-VII «компетентність – здатність особи успішно соціалізуватися, навчатися, провадити професійну діяльність, яка виникає на основі динамічної комбінації знань, умінь, навичок, способів мислення, поглядів, цінностей, інших особистих якостей [11].

Відповідно до Академічного тлумачного словника української мови термін «компетентний» має два значення: який має достатні знання в якій-небудь галузі; який з чим-небудь добре обізнаний; тямущий; який має певні повноваження; повноправний. У тлумачному словнику сучасної української мови компетентність розглядають, як наявність авторитетної думки [1].

У словнику іншомовних слів, компетентність – це обізнаність, авторитетність, а компетенція – коло повноважень [14].

Питання формування і розвитку професійної компетентності аналізували такі дослідники, як В. Адольф, О. Білявська, Ж. Вірна, Т. Григоренко, Е. Зеєр, І. Зимня, С. Іванова, В. Кремень, С. Максименко, А. Маркова, В. Синишина, Д. Супрун, Н. Перегончук, Н. Пов'якель, Л. Філатова, Н. Чепелева, Ю. Шапран, С. Щенніков, В. Ямницький.

В «Енциклопедії освіти» поняття «професійна компетентність» — це інтегративна характеристика ділових і особистісних якостей фахівця, що відображає рівень знань, досвіду, умінь, достатніх для досягнення мети в певному виді діяльності, а також моральну позицію фахівця [2].

Л. Філатова вважає, що професійну компетентність можна розкрити та вдосконалити лише у процесі діяльності; компетентністю є поєднання інтелектуальних, психологічних, фізіологічних особливостей спеціаліста у

поєднанні з рівнем соціалізації [15]. Е. Зеєр вважає професійну компетентність сукупністю професійних знань, умінь, а також способами виконання професійної діяльності [3].

Слід зазначити, що досліджень у напрямку формування професійної компетентності фахівців, що працюють в екстремальними умовах небагато. Під професійною компетентністю дослідники цієї проблеми розуміють розвиток професійно-важливих якостей спеціаліста, спеціальні знання і вміння, формування його професійної мотивації, які відповідають вимогам діяльності.

Досліджуючи професійну компетентність психологів, Н. Чепелева розглядає професійну компетентність психолога, як складне утворення, що включає у себе систему діяльнісно-рольових (знання, вміння, навички) та особистісних (професійно важливі якості) характеристик [17].

Більшість науковців, а саме І. Амінов, А. Маркова, С. Пазухіна, О. Погорелов, В. Романов, О. Цільмак, В. Шинкаренко досліджували та виокремлювали поняття «екстремальна компетентність» або ж розглядали його як складову професійної компетентності.

А. Петров зазначає, що одним із видів професійної компетентності є екстремальна компетентність, компетентність дій в екстремальних, стресових ситуаціях. Науковець О. Погорелов розглядає екстремальну компетентність, як індивідуальну характеристику особистості, що проявляється в її прагненні і здатності успішно й безпечно виконувати професійні завдання, тим самим зберігаючи свою цілісність в екстремальних ситуаціях [10].

Дослідниця О. Шахматова трактує екстремальну компетентність, як це здатність діяти в несподівано ускладнених умовах, а саме при аваріях, порушення технологічних процесів тощо [18].

О. Цільмак досліджувала екстремальну компетентність працівників кримінальної міліції та тлумачить її, як здатність ефективно та професійно діяти в складних, конфліктних, екстремальних умовах оперативно-розшукової діяльності на основі набутих знань, практичних умінь та навичок. На її думку, основою екстремальної компетентності є мотивація, емоційно-оціночні дії, когнітивні дії, вольові дії, операційні дії та досвід. Власне досвід виступає як професійно-психологічна готовність та спроможність до дій в екстремальних ситуаціях. Вищезгаданий автор розрізняє за формою свідому й несвідому екстремальну компетентність. Свідомо екстремальна компетентність — це коли особа знає, що входить у структуру і зміст оперативно-розшукової діяльності у складних, конфліктних і екстремальних ситуаціях та свідомо виконує її. Несвідомо екстремальна компетентність — це коли навички повністю інтегровані, вбудовані у поведінку працівника кримінальної міліції і йому не потрібно думати про те, що він робить. Несвідомо екстремальна компетентність характеризує професійну майстерність фахівця, і саме вона сприяє ефективному виконувannya службових обов'язків, які характеризуються непередбачуваністю, напругою та раптовістю. Вона може виникнути і сформуватись за рахунок систематичного тренування, набутого професійного досвіду під час навчальної практики та безпосередньо професійної діяльності [16].

У роботах А. Маркової виділяється екстремальна компетентність, як компонент професійної компетентності, та трактується, як спроможність діяти в умовах, що раптово ускладнились, наприклад, при різноманітних аваріях, а також порушеннях технологічних процесів [6].

В. Романов, досліджуючи особливості юридичної діяльності, виокремив екстремальний характер правоохоронної діяльності юристів, особливо – працівників

суду, прокуратури, податкової служби, поліції, що характеризується спонтанністю та специфічністю [8].

Професійно-екстремальна компетентність, на думку науковців, яку ми підтримуємо, – це базовий компонент професійної компетентності, особливо для фахівців екстремального профілю, формування якого є необхідним протягом процесу підготовки майбутніх психологів оперативно-рятувальної служби.

Виділяють також професійно-екстремальне завдання, яке пов'язане із діяльністю в особливих та екстремальних умовах, зокрема наданням екстреної психологічної допомоги потерпілим. Відповідно психолог повинен володіти необхідним рівнем особистісної підготовленості до діяльності у складних умовах, навичками психологічного впливу на особистість, а також дотримуватись вимог безпеки праці [12].

Аналіз дослідження питання формування професійно-екстремальної компетентності у педагогічній теорії та стану практики дозволив сформулювати низку суперечностей, що відображають невідповідність підготовки майбутніх психологів оперативно-рятувальної служби до вимог діяльності в особливих та екстремальних умовах:

- потребою суспільства в психологах, що володіють високим рівнем професійно-екстремальної компетентності та недостатнім рівнем готовності майбутніх фахівців;

- традиційними підходами до професійної підготовки і необхідністю використання під час навчання сучасних методів і технологій, пов'язаних із екстремальною діяльністю;

- необхідністю розвитку в майбутніх психологів здатності самостійно здобувати нові знання та недостатньо науково-методичним забезпеченням освітнього процесу щодо формування навичок самоосвіти.

У доступних автору дослідженнях значну роль приділяють процесу професійної підготовки фахівців екстремального профілю. Так, М. Козяр [4, с.161] висуває низку вимог до розробки методичної системи підготовки фахівців до діяльності в екстремальних умовах, а саме зміст професійної підготовки повинен відповідати соціальному замовленню пожежно-рятувальних підрозділів; характер перебігу ризиконебезпечних ситуацій; удосконалення професійно-екстремальної майстерності фахівців з надзвичайних ситуацій; зв'язок теорії з практикою екстремально-професійної діяльності; фізичні і пізнавальні можливості спеціалістів; єдність навчання, виховання і розвитку. Цитований автор представляє також класифікацію професійної підготовки спеціалістів до діяльності в екстремальних умовах. Так, науковець за критерієм «ціль» підготовки виділяє наступні її види: базову, контекстно-екстремальну, постекстремальну; за критерієм «завдання» – загально-професійну, спеціально-професійну, оперативно-екстремальну; за критерієм «зміст» – спеціальну екстремально-психологічну, морально-психологічну, спеціальну-медичну, спеціальну-психологічну за «видами надзвичайних ситуацій», підготовку, яка забезпечує групову та індивідуальну безпеку [4].

Так, базова професійно-екстремальна підготовка спрямована на засвоєння загальних знань, навичок і вмінь, які є необхідними для екстремальної діяльності, а також професійно-важливих якостей, які пов'язані із загрозою і ризиком для життя. Контекстно-екстремальна підготовка передбачає формування готовності до діяльності у надзвичайних ситуаціях.

Постекстремальна підготовка пов'язана з відновленням професійного, ділового, морально-психічного і фізичного потенціалу, його корекцією та реабілітацією. Загально-професійна підготовка розглядається як процес оволодіння

загально-теоретичними знаннями, навичками і вміннями. Спеціально-професійна — як процес засвоєння спеціальних знань, умінь та навичок. Оперативно-екстремальна — формує готовність особистості до вирішення конкретного завдання у конкретній ситуації [4]. Кожна із цих видів підготовки сприяє формуванню професійно-екстремальної компетентності фахівців у галузі цивільного захисту.

Навчальний процес потрібно будувати таким чином, щоб забезпечити формування у студентів та курсантів психологічних знань, умінь та навичок, які дадуть можливість успішно займатися професійною діяльністю. Так, С. Максименко [5] акцентує увагу на вміннях, які повинен володіти психолог-професіонал, зокрема: гностичні, спрямовані на виявлення проблеми та оптимальних шляхів її вирішення; інтерактивно-комунікативні, які характеризують емпатійні здібності особистості та її здатність володіти методами впливу; діагностичні, які визначають компетентність у психодіагностиці; дидактичні, які дають можливість фахівцю організувати індивідуальні і групові навчальні процеси та ефективно їх проводити; проєктувальні, які полягають у плануванні стратегії життя, власної поведінки та поведінки клієнтів; здійснення профілактичних заходів, щодо девіантної поведінки; вміння проводити експертизу та корекцію.

Науковці А. Литвин та Л. Руденко окреслили деякі напрями модернізації освіти практичних психологів, які необхідно враховувати у підготовці молодих спеціалістів, а саме: усвідомлення психологами-практиками, викладачами і майбутніми психологами необхідності впровадження психотехнічного підходу в освітній процес ЗВО; проєктування та застосування ефективних моделей професійно-особистісної підготовки практичних психологів, удосконалення наявних і розроблення нових підходів; обов'язкове передбачення в підготовці практичних

психологів набуття студентами компетентностей різних напрямів; удосконалення професійно-педагогічних умінь, навичок і особистісно-ділових якостей викладачів, що займаються підготовкою психологів; розробка і подальша модернізація дієвих методів впливу, а також новітнього дослідницького інструментарію ефективності методів консультування та психотерапії [7, с. 68].

Професійно-екстремальна компетентність дозволяє не тільки вирішувати професійні завдання в екстремальних умовах діяльності, але й трансформувати вплив екстремальної ситуації в нові можливості особистості, зберігати внутрішній баланс і виконувати професійні завдання в екстремальних умовах своєї діяльності без шкоди для власного психічного здоров'я.

Таким чином, професійна компетентність виступає тим показником, який характеризує рівень професіоналізму особистості. Так, формування професійної компетентності необхідно розглядати як динамічний процес, який розпочинається із вибору професії та освоєнням відповідних знань, розвитку вмінь та навичок і який триває весь професійний шлях фахівця екстремального профілю. Сучасний спеціаліст повинен бути компетентним у різних аспектах: в організації справи, мати високий ступінь мотивації досягнення, конкурентоспроможним, бути психологічно стійким тощо. Звідси, що якість, швидкість та професійна майстерність майбутніх психологів оперативно-рятувальної служби залежить від рівня їх професійно-психологічної підготовленості до дій в екстремальних ситуаціях, від загального й спеціального рівня професійно-екстремальної компетентності.

Подальших досліджень потребують педагогічні умови формування професійно-екстремальної компетентності майбутніх психологів оперативно-рятувальної служби, визначення об'єктивно-вимірюваних критеріїв та показників,

технології формування професійно-екстремальної компетентності у процесі професійної підготовки у закладах вищої освіти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Академічний словник української мови. [Електронний ресурс] // НАН України. – 2010. – Режим доступу до ресурсу: <http://sum.in.ua/s/kompetentnyj>
2. Енциклопедія освіти / гол. ред. В. Г. Кремень. Київ: Юрінком Інтер, 2008. С. 618.
3. Зеер Э.Ф. Личностное ориентированное профессиональное образование [Текст] / Эвальд Фридрихович Зеер, Геннадий Михайлович Романцев // Педагогика. – 2002. – № 3. – С. 16–21.
4. Козяр М. М. Екстремально-професійна підготовка до діяльності у надзвичайних ситуаціях: монографія. Львів : СПОЛОМ, 2004. 376 с.
5. Максименко С. Д. Теоретико-методологічний контекст сучасної практичної психології. *Практична психологія в контексті культур*: зб.наук. пр. Київ : Ніка-Центр, 1998. С. 6–17.
6. Маркова А. К. Психология профессионализма / А.К. Маркова. – М.: Международный гуманитарный фонд «Знание», 1996. – 312 с.
7. Литвин А.В., Руденко Л.А. Удосконалення підготовки психологів у закладах вищої освіти. Збірник наукових праць Льотної академії національного авіаційного університету. Серія: Педагогічні науки. 2021. № 9. С. 63–74.
8. Романов В. В. Юридическая психология [Текст] / Владимир Владимирович Романов. – М. : Юрист, 2000. – 488 с.
9. Пазухина, С.В. Эмпирическое исследование уровня сформированности экстремальной компетентности у

будущих учителей начальных классов/ С.В. Пазухина / / Гуманитарные ведомости ТГПУ им. Л. Н. Толстого. – Т., 2014. – С. 116-130.

10. Погорелов, А. Г. Экстремальная компетентность в профессиональной деятельности / А.Г. Погорелов // Известия ЮФУ. Технические науки. - 2006. -№ 13. - С. 305-311.

11. Про вищу освіту : Закон України від 01.07.2014 року № 1556-VII Дата оновлення: 12.05.2022. Режим доступу до ресурсу:<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19#Text>

12. Про освіту : Закон України від 05.09.2017 року №2145-VII Дата оновлення: 06.04.2022.Режим доступу до ресурсу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1556-18#Text>

13. Сірко Р. І. Професійна підготовка майбутніх психологів оперативно-рятувальної служби до діяльності в екстремальних умовах : монографія. Львів : ГАЛИЧ-ПРЕС, 2017. 482 с.

14. Словник іншомовних слів / уклад.: С. М. Морозов, Л. М. Шкарапута. Київ: Наукова думка, 2000. С. 218.

15. Филатова Л. О. Преимственность общего среднего и вузовского образования. Педагогика. 2004. № 8. С. 63–66.

16. Цільмак, О.М. Компетентність фахівців кримінальної міліції в екстремальних ситуаціях/ О.М. Цільмак // Актуальні проблеми психології. Т.7, вип.20, ч. 2. – К., 2009. –С. 228-232.

17. Чепелева Н. В. Особиста підготовка практичного психолога в умовах вищого навчального закладу // Теоретико-методологічні проблеми розвитку особистості в системі неперервної освіти: матеріали метод. сем. АПН України 16 груд. 2004 р. / за ред. акад. С. Д. Максименка. К., 2005. 716.

18. Шахматова О.Н. Личностно-ориентированные технологии профессионального развития педагогов профессиональной школы: Дис. ... канд. пед. наук : 13.00.04 / Ольга Николаевна Шахматова. – УГ ППУ. – 2000. – 187 с.

УДК 621.01

ЧИСЕЛЬНЕ ТА КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМІВ КОЛИВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Качур О. Ю., доктор філософії (PhD), Національний університет "Львівська політехніка"

У якості експериментального зразка, розробляється транспортер-сепаратор для сепарування відносно легкого полімерного матеріалу, в якого поверхня робочого органу повинна забезпечити довжину в 1,2 м та ширину 0,48 м з кроком напрямних прутків сита 34 мм й діаметром прутка 10 мм. З технологічної точки зору прийнято, що перевантаження на робочому органі $\zeta = 2,5g$, а режим роботи – низькочастотний. Тож закладено, що частота вимушених коливань в околі $\nu = 16$ Гц (близько 950 об/хв). Оскільки габарити робочого органу можуть мати доволі значні інерційні маси коливальної системи (якщо їх виготовляти з металу), передбачається відносно високе споживання потужності, якщо застосовувати двомасові резонансні системи. З огляду на те, що транспортується надлегкий матеріал, доцільно розробити високоефективну конструкцію, дискретна принципова схема якої наведена на рис.1.

Для опису математичної моделі тримасової міжрезонансної коливальної системи використовуємо коливальну схему зі збуренням від кривошипно-шатунного механізму, де сила збурення $F(t) = F_0 \sin \omega t$ прикладається до проміжної та реактивної мас. Амплітудне значення сили збурення F_0 встановлюється як добуток ексцентриситету кривошипно-шатунного механізму ε на жорсткість c_{23} пружного вузла (рис.1):

$$F_0 = \varepsilon \cdot c_{23} \cdot \quad (1)$$

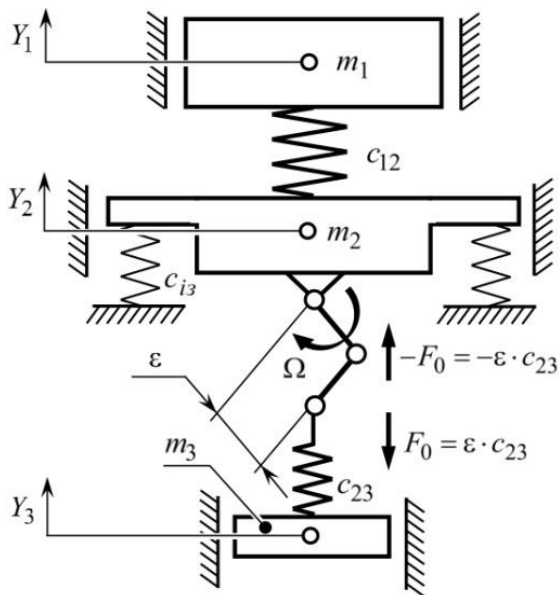


Рис. 1 Структурна схема дискретної тримасової механічної коливальної системи з кривошипно-шатунним приводом

Записавши в амплітудних значеннях математична модель дискретної тримасової механічної коливальної системи з кривошипно-шатунним приводом матиме вигляд [1, 2]:

$$\begin{cases} -m_1 \omega^2 Y_1 + c_{12} (Y_1 - Y_2) = 0; \\ -m_2 \omega^2 Y_2 + c_{12} (Y_2 - Y_1) + c_{23} (Y_2 - Y_3) = -\varepsilon c_{23}; \\ -m_3 \omega^2 Y_3 + c_{23} (Y_2 - Y_3) = \varepsilon c_{23}. \end{cases} \quad (2)$$

Алгоритм розрахунку дискретної тримасової механічної коливальної системи потребує попереднього встановлення інерційних параметрів активної m_1 та проміжної m_2 мас. Для вирішення поставленої задачі застосовуємо програмний продукт SOLIDWORKS 2018. Згідно з проведеним моделюванням маса робочого органу рівна $m_1 = 83,7$ кг (рис. 2).

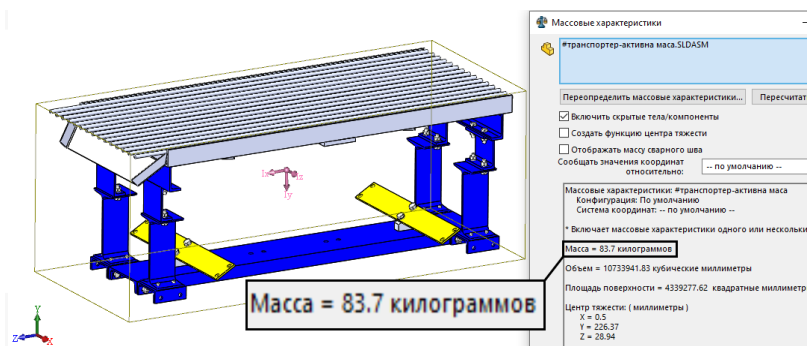


Рис. 2 Вікно програмного продукту SOLIDWORKS 2018, де відображено інерційний параметр активної маси (робочого органу)

Активна маса складається з двох незалежних частин, які з'єднані між собою за допомогою болтового з'єднання. Між ними розміщені проміжна та реактивна маси. Така конструкція надає доступ до діагностики та налагодження кривошипно-шатунного привода.

Забезпечення стабільного значення амплітуди коливань по всій поверхні робочого органу є черговим завданням під час проектування. Дана умова значно впливає на експлуатаційні властивості вібраційних машин. Це можна пояснити тим, що під час збурення можуть виникати паразитні коливання, за умови, якщо власна частота тіла (робочого органу) близька до вимушеної. Такі коливання накладаються по всій площині робочого органу, що

призводить до нерівномірності значення амплітуди коливань на певних ділянках.

Для забезпечення стабільного та рівномірного руху по поверхні робочого органу необхідно задовільнити вимогу, яка полягає в тому, що перша власна частота робочого органу повинна бути вищою в 2...4 рази за вимушену. Знаходження власної частоти можна проводити різними способами. Завдяки сучасному розвитку технологій одним з найпростіших та доступних способів встановлення власної частоти є розрахунок методом скінченних елементів.

Перша власна частота коливань робочого органу становить $\nu_{ep} = 42,2$ Гц ($\omega_{ep} = 265,3$ рад/с) (рис. 3 **Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**), а отже є в 2,6 рази нижчою за вимушену. Тож можна гарантувати, що робочий орган, маючи достатню жорсткість, унеможливило виникнення паразитних коливань.

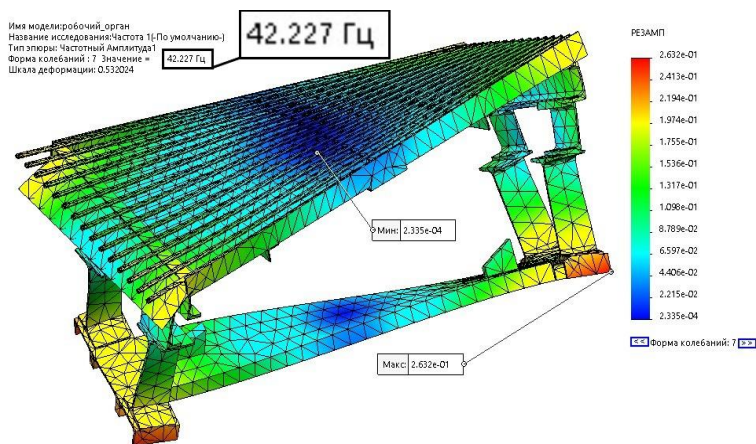


Рис. 3 Вікно програмного продукту SOLIDWORKS 2018, де відображено результат частотного аналізу робочого органу в модулі Simulation

Забезпечення такої жорсткості було досягнуто завдяки використанню швелера № 16, як основи, та ребр жорсткості.

Однак, конструкція не позбавлена і негативних властивостей. Одним з вагомих її недоліків є те, що робочий орган зварний, що може спричинити виникнення тріщин під час вібрацій. Проте, такий підхід дозволив збільшити її жорсткість за рахунок приварювання сталевих ребр жорсткості до несучої конструкції робочого органу та спростити реалізацію сита.

Проміжна маса побудована також на основі швелера того ж січення, що і активна маса, але з іншими конструктивними особливостями. До неї вже безпосередньо закріплений кривошипно-шатунний привод та шарнірні призматичні зажими для реактивної маси (континуальної ділянки) (рис. 4). Опираючись на тверdotілу модель проміжної маси стверджуємо, що її інерційне значення складає $m_2 = 62,1$ кг.

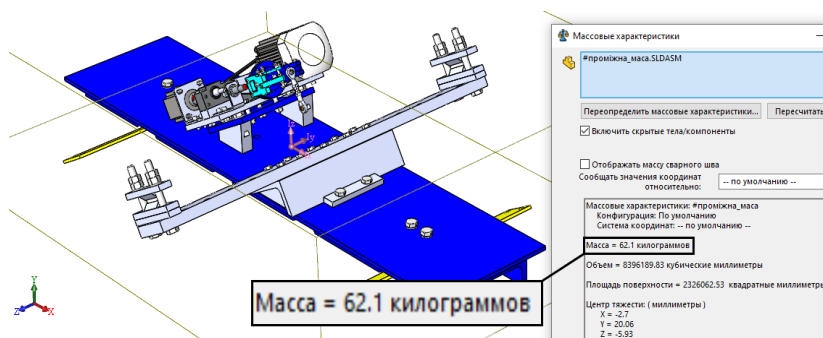


Рис. 4 Вікно програмного продукту SOLIDWORKS 2018, де відображено інерційний параметр проміжної маси

Тож уже конструктивно встановлено значення інерційних параметрів активної та проміжної мас: m_1 й m_2 . Для того, щоб встановити інерційний параметр реактивної маси m_3 , необхідно, задатися двома власними частотами коливальної системи. Чим ближче їх взаємне розташування, тим високоефективнішу коливальну систему можна

отримати. Так приймаємо, що перша власна колова частота системи $\Omega_{e1} = 95$ рад/с ($n_{e1} = 907$ об/хв), а друга – $\Omega_{e2} = 104$ рад/с ($n_{e2} = 993$ об/хв) (власною частотою коливань системи, що спричинена віброізоляторами, нехтуємо). Інерційний параметр для реактивної маси m_3 становитимуть:

$$0 < m_3 < \frac{-m_2(m_1 + m_2)(1 - \Lambda^2)^2}{m_2(1 - \Lambda^2)^2 - 4m_1\Lambda^2} = \frac{-62,1 \cdot (83,7 + 62,1) \cdot (1 - 0,913^2)^2}{62,1 \cdot (1 - 0,913^2)^2 - 4 \cdot 83,7 \cdot 0,913^2} = 0,894 \text{ кг}, \quad (3)$$

$$\text{де} \quad \Lambda = \frac{\Omega_{e1}}{\Omega_{e2}} = \frac{95}{104} = 0,913.$$

Отже, реактивна маса m_3 може знаходитись у діапазоні:

$$0 < m_3 < 0,894 \text{ кг}.$$

Обґрунтуємо вибір інерційного параметра реактивної маси m_3 через коефіцієнт додаткового динамічного підсилення коливань D , що в даній постановці питання власне і відображає наявність високої ефективності функціонування проектованої тримасової коливальної системи порівняно з класичною двомасовою. Параметр D визначатимемо як співвідношення амплітуд сил збурення проектованої машини до класичної двомасової резонансної, за умови забезпечення однакових амплітуд коливань робочих органів.

Попередньо прийmemo, що ефективність функціонування тримасової міжрезонансної коливальної системи повинна бути в 6,9 разів вищою від двомасової. Дану ефективність функціонування, виражену через коефіцієнт додаткового динамічного підсилення коливань D , будемо встановлювати із співвідношення сил збурення:

$$D = \frac{F_{02}}{F_{03}}, \quad (4)$$

де F_{02} та F_{03} – амплітудні значення сил збурення відповідно для двомасової та тримасової коливальних систем. Амплітудне значення сили збурення F_{02} для двомасової коливальної системи, виражена через амплітуду коливань Y_1 активної маси (робочого органу), визначається як:

$$F_{02} = \left| \frac{Y_1 (m_1 + m_2) \left(c - \frac{m_1 m_2}{m_1 + m_2} \Omega^2 \right)}{m_2} \right|, \quad (5)$$

де

$$c = \frac{m_1 \cdot m_2}{m_1 + m_2} \cdot \Omega_{e2}^2 \quad (6)$$

– жорсткість резонансного пружного вузла двомасової коливальної системи.

Вираз для знаходження необхідного амплітудного значення сили збурення F_{03} для тримасової коливальної системи, виражене через амплітуду коливань Y_1 робочого органу, визначатиметься згідно залежності:

$$F_{03} = \left| \frac{-Y_1 \left[c_{23}^2 (c_{12} - m_1 \Omega^2) + c_{12}^2 (c_{23} - m_3 \Omega^2) - (c_{12} - m_1 \Omega^2) \times \right. \right.}{c_{12} m_3 \Omega^2} \left. \times (c_{12} + c_{23} - m_2 \Omega^2) (c_{23} - m_3 \Omega^2) \right|. \quad (7)$$

Підставивши вирази (5) й (7) в (4) та провівши спрощення, отримаємо залежність для встановлення додаткового динамічного підсилення коливань D в еталонній тримасовій коливальній системі:

$$D = - \frac{c_{12} m_3 \Omega^2 \left(c - \frac{m_1 m_2 \Omega^2}{m_1 + m_2} \right) (m_1 + m_2)}{m_2 \left[c_{23}^2 (c_{12} - m_1 \Omega^2) + c_{12}^2 (c_{23} - m_3 \Omega^2) - (c_{12} - m_1 \Omega^2) \times \right.} \left. \times (c_{23} - m_3 \Omega^2) (c_{12} - m_2 \Omega^2 + c_{23}) \right]}. \quad (8)$$

Чітке встановлення параметру реактивної маси m_3 , від якого залежить закладена ефективність системи D , здійснимо з наступних міркувань. Розв'язуючи систему диференціальних рівнянь (1) встановлюємо залежності значень жорсткостей c_{12} та c_{23} , які набудуть вигляду:

$$c_{12} = \frac{(m_2 + m_3) m_1 \Omega_{\epsilon 2}^2 \left[(m_1 + m_2 + m_3) m_2 \Omega_{\epsilon 2}^2 (\Lambda^2 - 1) \pm H \right]}{(m_1 + m_2 + m_3) \left[(m_1 + m_2 + m_3) m_2 \Omega_{\epsilon 2}^2 (\Lambda^2 - 1) + (\pm H - 2 m_1 m_3 \Omega_{\epsilon 2}^2) \right]}; \quad (9)$$

$$c_{23} = \frac{(m_1 + m_2 + m_3) m_2 \Omega_{\epsilon 2}^2 (\Lambda^2 - 1) \pm H}{2 \cdot (m_2 + m_3) (m_1 + m_2 + m_3)} \cdot m_3, \quad (10)$$

$$\text{де} \quad \Lambda = \frac{\Omega_{\epsilon 1}}{\Omega_{\epsilon 2}}; \quad (11)$$

$$H = \sqrt{(m_1 + m_2 + m_3) m_2 \Omega_{\epsilon 2}^4 \left[(m_1 + m_2 + m_3) m_2 (\Lambda^2 - 1)^2 - 4 m_1 m_3 \Lambda^2 \right]}. \quad (12)$$

Розв'яжемо чисельно як систему рівнянь вирази (9), (10) та (8) з врахуванням (11), (12) та (6), оскільки аналітично інерційний параметр m_3 неможливо встановити. Вирішуючи цю систему, ми одночасно зможемо вже встановити і параметри жорсткостей c_{12} та c_{23} двох резонансних пружних вузлів тримасової коливальної системи. Результатом чисельного розв'язку вище обумовленої системи рівнянь є наступні інерційно-жорсткісні параметри.

$$\begin{aligned} m_3 &= 0,456 \text{ кг}; & c_{12} &= 3,76 \cdot 10^5 \text{ Н/м}; \\ c_{23} &= 4,21 \cdot 10^3 \text{ Н/м}. \end{aligned} \quad (13)$$

Як бачимо, інерційний параметр реактивної маси знаходиться у встановлених межах (див. нерівність (3)), а отже, прийнятий нами параметр додаткового динамічного підсилення коливань D вибрано коректно (така система може існувати). Згідно з поставленою умовою потрібно забезпечити коливальний рух робочого органу з перевантаженням $\zeta = 2,5g$. З перевантаження ζ на робочому органі визначається як:

$$\zeta = Y_1 \Omega^2 / g. \quad (14)$$

Підставивши вираз для Y_1 , встановлений з (14), у вирази для амплітуд коливань мас відповідно активної Y_1 отриманий із системи рівнянь (2), визначимо зусилля, яке повинна розвивати тримасова міжрезонансна коливальна система для забезпечення перевантаження $\zeta = 2,5g$ на частоті вимушених коливань системи $\Omega = 99,5$ рад/с ($n = 950$ об/хв). Тож:

$$F_{03} = \left| \frac{\zeta g \begin{pmatrix} c_{12} c_{23} m_1 + c_{12} c_{23} m_2 + c_{12} c_{23} m_3 - \Omega^2 c_{12} m_1 m_3 - \\ -\Omega^2 c_{12} m_2 m_3 - \Omega^2 c_{23} m_1 m_2 - \Omega^2 c_{23} m_1 m_3 + \Omega^2 m_1 m_2 m_3 \end{pmatrix}}{\Omega^2 c_{12} m_3} \right| = 27,4 \text{ Н.} \quad (15)$$

Тоді ексцентриситет ε кривошипно-шатунного механізму тримасової системи, використовуючи вираз (1) **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, становитиме:

$$\varepsilon = F_{03} / c_{23} = 27,4 / 4,21 \cdot 10^3 = 6,5 \cdot 10^3 \text{ м.} \quad (16)$$

Будуємо амплітудно-частотну характеристику тримасової міжрезонансної механічної коливальної системи [1, 2] (**Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**) з використанням вище встановлених параметрів.

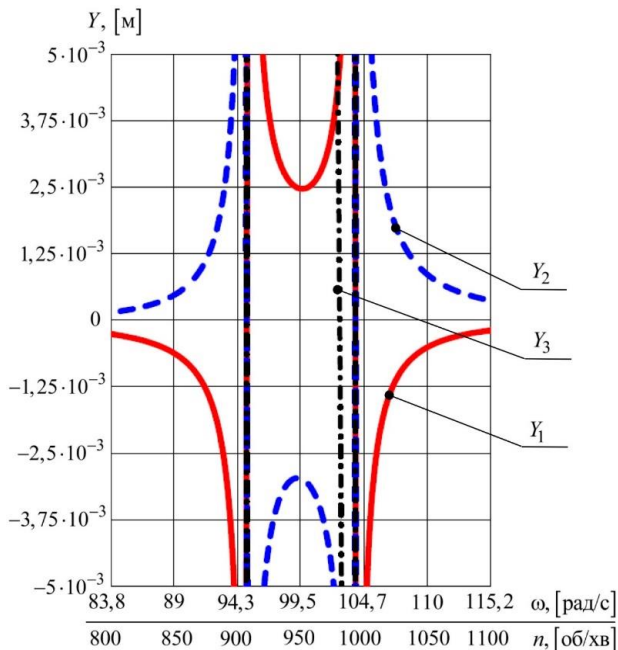


Рис. 5 Амплітудно-частотна характеристика дискретної тримасової міжрезонансної механічної коливальної системи

З графіка помітно два резонансних піки, сформованих на закладених частотах $\Omega_{e1} = 95$ рад/с та $\Omega_{e2} = 104$ рад/с, які знаходяться відповідно зліва та справа від передбачуваної частоти вимушених коливань $\Omega = 99,5$ рад/с. Активна та проміжна маси в міжрезонансній зоні мають сідлоподібну характеристику, що дозволяє мінімізувати вплив маси завантаження на амплітуду коливань робочого органу.

Проте, як і передбачалося, амплітудно-частотна характеристика реактивної маси стрімкоподібна і можна зрозуміти, що амплітуда коливань її вимірюється сантиметрами ($Y_3 = 4,9$ см на частоті вимушених коливань Ω), якщо не враховувати дисипацію в системі. Тож використання електромагнітного збурення для такої коливальної системи є недоцільним, оскільки повітряний проміжок між якорем та осердям з котушками електромагнітного віброзбуджувача повинен вимірюватися також сантиметрами.

Амплітуда коливань активної маси на частоті вимушених коливань $\Omega = 99,5$ рад/с, становить:

$$Y_1 = \frac{-F_{03} c_{12} m_3 \Omega^2}{\left(c_{23}^2 (c_{12} - m_1 \Omega^2) + c_{12}^2 (c_{23} - m_3 \Omega^2) - (c_{12} - m_1 \Omega^2) \times \right.} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \quad (17)$$

$$\left. \times (c_{12} + c_{23} - m_2 \Omega^2) (c_{23} - m_3 \Omega^2) \right)$$

що відповідає перевантаженню $\zeta = 2,5g$ і підтверджено амплітудно-частотною характеристикою системи (рис. 5).

Для аналізу перехідних режимів руху коливальної системи використаємо диференціальні рівняння (2). Ввівши в математичну модель коефіцієнти в'язкого опору μ_{12} та μ_{23} , що відображають дисипативні властивості двох резонансних

пружних вузлів з жорсткостями відповідно c_{12} та c_{23} , система диференціальних рівнянь (2) набуде вигляду [3]:

$$\left\{ \begin{array}{l} m_1 \frac{d^2 y_1}{dt^2} + \mu_{12} \left(\frac{dy_1}{dt} - \frac{dy_2}{dt} \right) + c_{12} (y_1 - y_2) = 0; \\ m_2 \frac{d^2 y_2}{dt^2} + \mu_{12} \left(\frac{dy_2}{dt} - \frac{dy_1}{dt} \right) + \mu_{23} \left(\frac{dy_2}{dt} - \frac{dy_3}{dt} \right) + \\ + c_{12} (y_2 - y_1) + c_{23} (y_2 - y_3) = -\varepsilon \cdot c_{23} \cdot \sin \omega t; \\ m_3 \frac{d^2 y_3}{dt^2} + \mu_{23} \left(\frac{dy_3}{dt} - \frac{dy_2}{dt} \right) + c_{23} (y_3 - y_2) = \varepsilon \cdot c_{23} \cdot \sin \omega t. \end{array} \right. \quad (18)$$

Опираючись на вище одержані параметри системи, отримано чисельний розв'язок диференціальних рівнянь (18) за допомогою методу Рунге-Кутти з використанням програмного забезпечення MathCAD і з урахуванням таких початкових умов: $y_1(0) = 0$; $y_2(0) = 0$; $y_3(0) = 0$; $y'_1(0) = 0$; $y'_2(0) = 0$; $y'_3(0) = 0$. Часові залежності коливального руху активної маси дискретної вібраційної машини в перші 3 с після запуску (рис. 6) на частоті вимушених коливань $\Omega = 99,5$ рад/с свідчать про те, що перехідні процеси тривали до 2,5 с після пуску. Максимальна амплітуда коливань транспортера-сепаратора рівна $Y_1 = 2,5 \cdot 10^{-3}$ м, що відповідає всім проведеним вище розрахункам.

З рис. 6 помічаємо плавне наростання амплітуди коливань активної маси, при тому, що збурення реактивної відбувалося відразу на частоті вимушених коливань з необхідним амплітудним значенням сили збурення. Як висновок, дані коливальні системи наділені плавністю запуску.

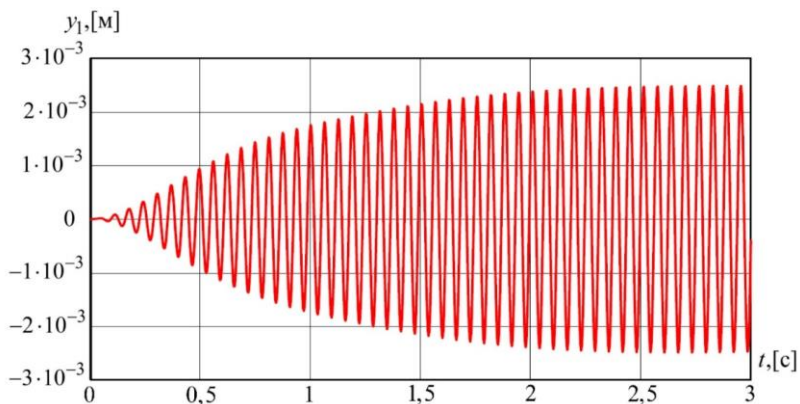


Рис. 6 Часова залежність коливального руху активної маси в перші 3 с після запуску на коловій частоті вимушених коливань $\Omega = 99,5$ рад/с

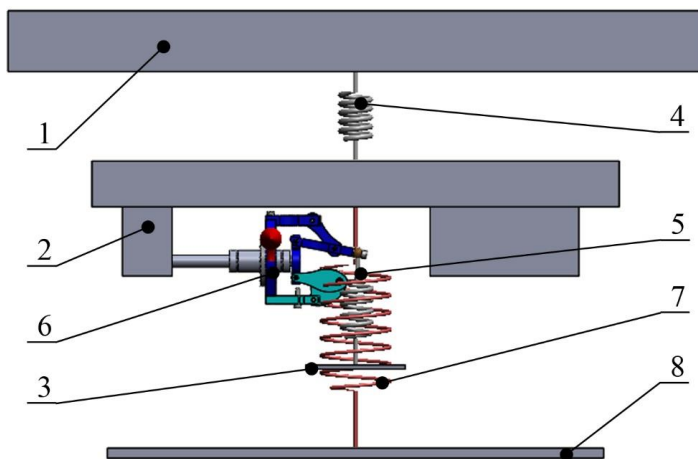


Рис. 7 Твердотіла імітаційна модель дискретної тримасової міжрезонансної коливальної системи, сформована в програмному продукті SOLIDWORKS 2018 з використанням модуля Motion:

1 – активна маса; 2 – проміжна маса; 3 – реактивна маса; 4, 5 – пружні вузли (відповідно жорсткості C_{12} та C_{23}); 6 – кривошипно-шатунний механізм; 7 – віброізолятори; 8 – фундамент (нерухому основу)

Для того, щоб перевірити правильність отриманих результатів теоретичних досліджень та чисельного моделювання, проведемо комп'ютерну імітацію руху коливальної системи в програмному продукті SOLIDWORKS модуля Motion. Відповідна твердотіла модель представлена на рис.70.

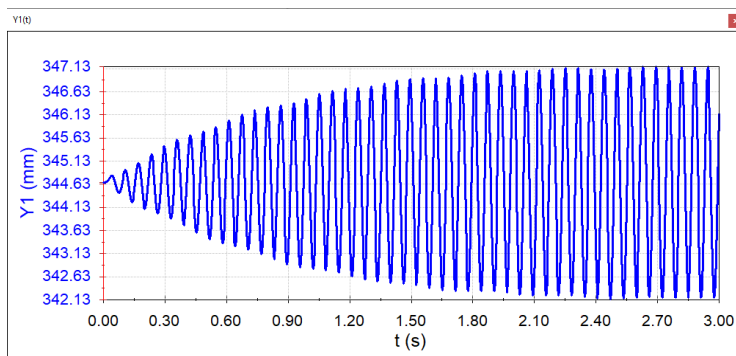


Рис. 8 Часова залежність коливального руху активної маси, отримана в програмному продукті SOLIDWORKS 2018 з використанням модуля Motion

Імітаційна модель складається з активної маси 1 ($m_1 = 83,7$ кг), яка з'єднана пружиним вузлом 4 ($c_{12} = 3,76 \cdot 10^5$ Н/м) з проміжною масою 2 ($m_2 = 62,1$ кг). Твердотіла модель через віброізолятори 7, закріплені до проміжної маси 2, встановлена на фундамент (нерухома основа) 8. Кривошипно-шатунний механізм 6 прикріплений до проміжної маси 2, а його шарнір, який задає ексцентриситет, з'єднаний з пружиним вузлом 5 ($c_{23} = 4,21 \cdot 10^3$ Н/м). Пружний вузол 5 у свою чергу приєднаний до реактивної маси 3 ($m_3 = 0,456$ кг). Комп'ютерну імітацію руху проводимо на частоті вимушених коливань $\Omega = 99,5$ рад/с з ексцентриситетом

$\varepsilon = 6,5 \cdot 10^3$ м. Результати імітації представлені на графіку часової залежності коливань активної маси 1 (m_1) відносно положення рівноваги (рис. 8 **Ошибка! Неизвестный аргумент ключа.**).

Як бачимо з рис. 8, результат імітаційного моделювання дискретної тримасової коливальної системи повністю узгоджуються з результатами її чисельного моделювання (рис. 7). Це опосередковано підтверджує достовірність отриманих даних. Передбачається, що саме за такими залежностями відбуватиметься рух активної коливальної маси в реальній конструкції міжрезонансної вібраційної машини.

Коливальний рух проміжної маси має аналогічну характеристику, яка відрізняється лише амплітудними значеннями коливань.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Korendiy V.* Determination of inertia-stiffness parameters and motion modelling of three-mass vibratory system with crank excitation mechanism / *V. Korendiy, O. Lanets, O. Kachur, P. Dmyterko, R. Kachmar* // *Vibroengineering PROCEDIA*, 2021. – Vol. 36, pp. 7 – 12.

2. *Корендій В. М.* Моделювання роботи тримасового вібротранспортера з напрямленими коливаннями робочого органа / *В. М. Корендій, О. Ю. Качур, П. Р. Дмитерко, Ю. Я. Новіцький* // XIV Міжнародний симпозіум українських інженерів-механіків у Львові (м. Львів, 23 – 24 травня 2019 р.): Матеріали симпозіуму, Львів: КІНПАТРИ ЛТД, 2019. – С. 136 – 138.

3. *Korendiy V. M.* Substantiation of parameters and modelling the operation of three-mass vibratory conveyer with directed oscillations of the working element / *V. M. Korendiy, O. Yu. Kachur, Yu. Ya. Novitskyi, V. A. Mazuryk, V. A. Sereda* // *Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні*, 2019. – Вип 53. – С. 84 – 100.

УДК 005.8

СУЧАСНІ ТРЕНДИ ФОРМУВАННЯ ПРОЄКТНИХ КОМАНД В СИСТЕМІ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ

Ковальчук О.І Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,

Анотація. У статті представлені результати дослідження з HR-процесів. Обґрунтовано необхідність автоматизації HR-процесів. Виявлено основні завдання, на вирішення яких має бути спрямована HR-автоматизація. Окрему увагу приділено проблематиці автоматизації управління персоналом. Значимість отриманих результатів полягає у можливості підвищення ефективності діяльності підприємства з HR автоматизації. Розкрито головні етапи побудови інкрементної моделі життєвого циклу розробки інтелектуальної інформаційної системи прийняття рішень підтримки прийняття рішень (HRIS) за допомогою застосування комплексу математичних методів для прийняття рішень. Формування ефективної системи для аналізу даних та відбору кандидатів є одним з найбільш важливих завдань сучасної системи управління персоналом (УП). Комп'ютеризація кадрового діловодства є однією з основних умов раціональної організації ділових процесів у організації, засобом підвищення ефективності діяльності кадрових служб, фактором зростання продуктивності й оперативності роботи менеджерів. Завдання, що вирішуються в процесі кадрового забезпечення, відносяться до класу завдань прийняття складних рішень в умовах невизначеності. З цієї точки зору були проаналізовані науково-методичні засоби, прийнятні і вибрані експертний метод. Розроблено інформаційно аналітичну систему для формування проєктних команд здобувачів вищої освіти в ЗВО ЦЗ та надання

підвищення якості прийняття кадрових рішень за рахунок оргназізованої реляційної бази даних та знань.

Ключові слова — *проектний підхід, безпеко-орієнтована система, проектна команда, життєвий цикл, розвиток членів проектних команд, критерії ефективності;*

Вступ. Практично кожна система чи організація проходить життєвий цикл. На нього впливає як зовнішнє середовище так і чимало важливих внутрішніх факторів, наприклад таких як: конкурентність, політико-економічна складова, соціальні чинники та ряд інших. Необхідні нові методи організаційного управління та контролю, враховуючи усі обмеження та опираючись на цілі й стратегію. Все популярнішим стає методологія проектного управління, яка дозволяє більш якісно керувати ризиками проекту, його командою, контролювати усіма рівнями організаційної структури та досягати заданих цілей враховуючи усі обмеження. Нові виклики та завдання, що постають у системі безпеки життєдіяльності вимагають кількісно та якісно кращих методів управління, в тому числі формування компетентних та надійних членів команд.

Важливим завданням із управління проекту є формування проектної команди із компетентних кандидатів та спеціалістів із різних відділів та організацій. Етап формування проектної команди безпеко-орієнтованої системи розпочинається після її завершення процедури найму. Існує ряд ризиків, які впливають на успішний відбір, а саме: різні людські якості та цінності, психологічні аспекти, швидкоплинність, новизна та унікальність задач проекту. В сфері безпеки життєдіяльності учасникам слід постійно адаптовуватись до зміни середовища, відповідати стандартам, нормам та діяти синхронно як один соціальний організм та колектив, який здатний досягати цілей і запобігання та ліквідації надзвичайних ситуацій.

Інтегруючим елементом формування проектної команди виступає стратегічна мета реалізації проекту. Члени команди впливають на організаційне середовище, задаючи цінності, принципи, одночасно керуються метою управління.

Важливим фактором, який впливає на успіх реалізації мега проекту безпеко-орієнтованого середовища є кадровий менеджмент, що вимагає докорінних змін та оновлень змодельованих з успішними країнами Європейського союзу, членів НАТО та Сполучених Штатів Америки. Для цього слід використовувати проектний підхід, який зарекомендував себе з позитивної сторони у всьому світі. Він вимагає нових методик відбору членів проектних команд, їх якісної експертної оцінки, використання сучасних інформаційних систем HRM (Humanresourcemanagesystem), якісно нової структури інформаційної системи підтримки прийняття рішень використовуючи оптимізовані комп'ютерні моделі із системами управління баз даними. Необхідно враховувати негативні умови внутрішнього та зовнішнього середовища України, які впливають на досягнення цілей портфелю проектів: міжнародна геополітична ситуація, бюрократія та незавершеність системи реформ, що вимагають оновлення нормативної бази, неефективне планування (в тому числі і людськими ресурсами), уразливість інформаційної інфраструктури, недосконалість системи відбору, підготовки фахівців в нестабільному динамічному середовищі, відтік з держави висококваліфікованих спеціалістів та плінність кадрів, корупція та високий рівень злочинності, наявність у суспільстві суперечностей, складне економічне становище, недостатній моніторинг та контроль важливих та ключових процесів у формуванні проектних команд в безпеко-орієнтованій системі, невизначеність цілей національних інтересів, що формуються в процесі трансформації та глобалізації світу потребують структуризації процесів

завдяки методології проектного підходу з формалізацією життєвих циклів з врахуванням специфіки сфери діяльності

Проекти діджиталізації та цифровізації управління персоналом та формування проєкних команд стрімко розвиваються. Важливим фактором для ЗВО ЦЗ на етапі ініціації розробки нової інформаційної аналітичної системи управління персоналом (HRIS) є ресурсні обмеження, які зумовлюють вибір гнучкої методології управління проєктами Lean (бережливе використання та розподіл ресурсів).

Аналіз літератури. Питаннями ефективного управління людськими ресурсами займаються такі вітчизняні та зарубіжні науковці, як зокрема, Бушуєв С. Д., Чумаченко І. В., Кононенко І. В та інші.

Розвиток сучасної науки і комп'ютерних технологій ставить перед науковцями та дослідниками низку нових завдань, таких як оптимізація процесу набору кадрів та скорочення часу оброблення відповідних даних членів проєктних команд персоналу.

За результатами досліджень агенства Bersin&Associates, організації з формалізованою стратегією в сфері HR, ефективніші на 26% в порівнянні з їх конкурентами. HR менеджери інноваційних організацій використовують підхід, заснований на аналізі даних статистичними методами та аналітичним комплексом. Завдяки цьому менеджер обирає оптимальне рішення. Згідно дослідження, яке проводилось KPMGInternationalCooperative лише 17% менеджерів вважають, що HR аналіз в їхніх організаціях орієнтований на вирішення раціональних кадрових завдань. Ключовими трендами в HR-трансформації є HR аналітика, оптимізація використання ресурсів на персонал та стратегічне планування людських ресурсів. HR-аналітика дозволяє використовувати різні типи даних для прогнозування ефективних моделей та вдосконалення процесів. Оптимізація витрат на основі аналізу даних сприяє збільшенню ефективності управління

людськими ресурсами та виявленню нових можливостей щодо реалізації цілей організації. Завдяки аналітичній обробці інформації менеджери можуть ефективно планувати потребу в людських ресурсах, передбачати кількість кадрів у перспективі, оцінки щодо не укомплектованих команд чи їх надміру, а також рекомендацій конкретних пропозицій для підтримки прийняття управлінських рішень.

На основі даних аналітики для управління членами проектних команд можна оптимізувати відбір талантів та підвищити їх залученість. А враховучи відсоток звільнень за власним бажанням, завдання утримати співробітників стає ключовою для HR-команд. Найбільші інвестиції HR аналітики і систем підтримки прийняття рішень, заснованих на даних, потребують інтеграції з базами даних для забезпечення комплексного підходу до аналізу персональних даних членів команд. Згідно прогнозу агенства Gartner, до 2025 року в середньому 60 % організацій в світі будуть інвестувати в автоматизацію HR-процесів.

Простий і швидкий метод консолідації та порівняння HR даних організації BIO (benchmarking, insights, opportunities) дозволяє аналізувати eNPS (лояльність персоналу), оцінювати компетенції, результати роботи членів команди відносно «еталонних» параметрів та виявляти «приховані» знання й закономірності, які корелюють з результатами організації.

У Deloitte виявили, що дохід компаній, які використовують HR-аналітику, на 82% більше, ніж у тих, хто не використовує цей підхід.

Для підтримки прийняття рішень, ефективного інформаційного забезпечення HR менеджерам необхідно використовувати бази даних і бази знань, а оптимальне застосування методів і правил формування системи критеріїв, ранжування претендентів, вибору й аналізу кандидатів

дозволить інтелектуалізувати процес прийняття кадрових рішень.

У [18] розглянуто науково-методичний апарат відбору кадрів для внутрішніх військ МВС України, який використовує теорію нечітких множин для опису чотирибальних шкал, застосовуваних у експертному оцінюванні якостей кандидатів. Це дозволило суттєво спростити процедуру оброблення результатів оцінювання, формалізувати їх і розробити програмний продукт, який реалізує інформаційно-аналітичну технологію професійного відбору.

Нечіткі когнітивні карти (НКК) були запропоновані Б. Коско [17] та використовуються для моделювання причинних взаємозв'язків, виявлених між концептами певної галузі. На відміну від простих когнітивних карт, НКК являють собою нечіткий орієнтований граф із зворотним зв'язком, вузли якого є нечіткими множинами. Таким чином, НКК об'єднує в собі властивості нечітких систем та нейронних мереж. Активне використання нечітких когнітивних карт як засобу моделювання систем зумовлено можливістю наочного уявлення аналізованої системи та легкістю інтерпретації причинно-наслідкових зв'язків між концептами.

У [16] в якості прототипу вибрано розроблений на кафедрі програмний виріб «Селекція», використовуваний для вирішення завдань підтримки прийняття рішень щодо відбору персоналу для заміщення посад окремих категорій військовослужбовців МВС України. створення інтелектуальної системи доцільно використовувати концепцію «швидкого прототипу», сутність якої полягає у тому, що на початковому етапі розробляється варіант ІС, який має задовольняти дві суперечливі вимоги: вирішувати типові завдання, а трудовитрати на його розробку повинні бути мінімальними.

В [14] розглянуто можливість застосування коефіцієнту конкордації W , коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена W_S та коефіцієнтів кореляції знаків Фехнера W_F та модифікованого коефіцієнта конкордації (МКК) W_m для вирішення завдань рейтингового оцінювання деяких об'єктів порівняння (ОП) за результатами експертизи, виконаної з використанням чотирибальної шкали порядку. При вирішенні завдань професійного відбору модифікований коефіцієнт конкордації доцільно використовувати в алгоритмах побудови ранжированих списків будь-яких об'єктів порівняння із застосуванням чотирибальної шкали порядку. Цей коефіцієнт також придатний для встановлення узгодженості результатів експертного оцінювання, рівня підготовленості окремого фахівця або виробничого підрозділу до виконання завдань у складі так званої команди.

У [19] досліджено аналітичну систему для приймальної комісії університету. Завдяки системі (ІАС) забезпечується організація та супроводження діяльності приймальної комісії на всіх етапах, починаючи від аналізу плану набору абітурієнтів до формування контингенту студентів. Для реалізації функцій було створено автоматизоване робоче місце за допомогою WEB-технологій, реалізація інтерактивного режиму роботи користувача з виконанням необхідних перевірок безпосередньо у процесі введення даних до бази. ІС представляє собою єдиний WEB-інтерфейс для оператора, що дозволяє обслуговувати абітурієнта. Реєстрація абітурієнта проводиться оператором шляхом заповнення анкетних даних абітурієнта. Рекомендація на зарахування проводиться шляхом формування списку абітурієнтів використовуючи існуючі форми через web-браузер. Інформація заноситься в базу даних.

Готовність до застосування HR аналітики залишається серйозною проблемою: після декількох років обговорення цього питання лише 8% респондентів повідомили, що в них є

корисні дані; лише 9% вважають, що в них є гарне розуміння того, які характеристики працівників приводять до успіху в їхніх організаціях; і лише 15% загалом застосували HR-системи й сукупність показників талантів для лінійних менеджерів.

Аналіз інформаційних систем показав, що не одна з них не дозволяє ефективно вирішити поставлені завдання через їх малу функціональність. При цьому вартість цих ІАС, була неприйнятно висока. Внаслідок було прийнято рішення про розробку власної автоматизованої ІАС, яка б відповідала вимогам ЗВО ЦЗ та вирішувала б всі поточні завдання та мала б можливість розширення своїх функціональних можливостей при змінах нормативної бази.

Незважаючи на низку досліджень в даній сфері, чимало питань, пов'язаних з автоматизацією інформаційної системи відділу кадрів, залишається невирішеною. Існуючі інформаційні системи в HR не в повній мірі використовують аналітичну обробку інформації та прогнозування на основі даних. Це зменшує ефективність у плануванні людських ресурсів. Основні труднощі виникають під час поєднання HR операцій організації з даними про персонал, слаборозвинена аналітика та інтеграція між різними джерелами даних, HR систем.

Чумаченко І.В. Монографія. Управління людськими ресурсами мультипроектів. Моделі та методи формування проектних команд, (інтактна «мобільна одиниця» команда на включення в проект відповідно до вимог компетенцій). метод забезпечення проектів персоналом, розподіл ресурсів на проєкті. метод формування команди з заданим обмеженням на функціональні обов'язки та склад команди. метод формування адаптивної команди. Компетентнісний підхід до управління людськими ресурсами, управління компетенціями при формуванні команд. Автоматизація процесу управління

ресурсами. Розробка програмного забезпечення МСРПІ-77М (Мультиплексна система розподілу).

Бушуєв С. Д. Морозов В. В. Структурування та формалізація процесів лідерства, підбору команди проекту та управління людськими ресурсами проекту, ІСВ4 компетенції менеджера. Кононенко І. Формування команди для розробки ІТ в ЗВО як проектно-орієнтованих організацій. Запропоновано метод багатокритеріального відбору кандидата на основі нечітких коефіцієнтів важливості до такої команди. Підхід базується на основі методу багатокритеріального вибору альтернатив з використанням нечітких множин та моделі Парето-ефективності. Даний метод містить такі кроки: визначення множини кандидатів та їх компетенцій, визначення множини оцінок компетенцій для кожного кандидата, оцінка компетенцій кандидатів з урахуванням вимог та співставлення рівня задоволеності вимог кандидатом з очікуваними кандидатом фінансовими умовами.

Рач В. А. Продукто-інвайронментальний підхід до управління командою із застосуванням програмного комплексу ProjectTeam. Програма включає модуль тестування психологічних особливостей кандидата, результатом якого є рекомендація керівнику щодо формування ролей в проекті.

Драч І.Є. Вирішення модельної задачі формування команди наукових проектів на основі ціннісно-орієнтованого підходу із застосуванням методу зважених сум. Запропоновано модель багатокритеріального ранжування альтернатив (граф ієрархії)

Клімушин П. С. Компоненти інформаційної системи управління персоналом. Завдання автоматизації системи управління персоналом. Модулі ІС та проектування інформаційної системи управління персоналом. Створення Бази Даних. Управлінський кадровий облік-плавнування та

підбір персоналу в інформаційній системі. Реєстрація та оцінка кандидатів в інформаційній системі. Василів В. Б. Інформаційні системи менеджменту персоналу. Декомпозиція АІС управління персоналом. Автоматизація процесів оцінки персоналу та документообігу. Новиков Дмитро Олександрович. Математичні моделі формування та функціонування команд. Модель команди Маршака-Раднера. Автономне прийняття рішення.

Лебедева І.Ю. Застосування методу експертних оцінок (індивідуальних, колективних). Загальні аспекти формування команд. Матриця балів (бальні оцінки експертів) перетворюються в елементи матриці рангів. Сума рангів. Вибір відносного пріоритетного напрямку серед експертів та їх оцінка. Обробка статистичних даних анкети.

Доценко Наталія. метод відбору в мультипроектні команди. Об'єкт дослідження – процеси управління людськими ресурсами проекту. Предмет дослідження – моделі та методи формування команди проекту. Лисенко Д.Е. Автореферат. Методи дослідження теорія прецедентів; теорія прийняття рішень і математичних методів багатокритеріального оцінювання для проведення оцінки персоналу й вибору оптимального претендента на посаду в проєкті; метод експертних оцінок для формування портрета «ідеального» співробітника й оцінювання важливості критеріїв.

Використання кваліметричної моделі для оцінки якості персоналу проекту відповідно до критеріїв «ідеального» працівника. Методи розрахунку кількісної потреби в персоналі за видами робіт. методики оцінювання якісного складу команди проекту за рівнями складності виконуваних проєктних робіт. Етапи розроблення методу формування команди. Застосування результатів роботи дозволить при формуванні команди проекту підвищити загальну ефективність цього процесу за рахунок скорочення часу на

підбір, відбір інструментальним засобом інформаційної системи, яка включатиме бази даних.

Виклад основного матеріалу. Для опису життєвого циклу формування проектних команд та врахування специфіки складної соціотехнічної системи слід формалізувати визначення безпеко-орієнтованої системи. Було проаналізовано наукові роботи щодо безпекового середовища [7: 8: 9] і прийнято вважати «безпеко-орієнтовану систему» (скорочено BOS) як складну соціотехнічну систему (мега проект) з комплексом факторів, які впливають на захищеність суспільства, являють собою систему зацікавлених сторін керівників державного рівня на всіх організаційно-структурних підрозділах, включаючи воєнізовані формування збройних сил України, правоохоронних органів національної гвардії, національної поліції та невоєнізованих підсистем міністерств внутрішніх справ (Державної служби України з надзвичайних ситуацій та ряду інших, що належать до міністерства), організації та установи (ВВНЗ, центри перепідготовки та навчальні відділи), які об'єднані комплексом законодавчих та організаційних заходів, спрямовані спільною метою із забезпечення національної безпеки, конституційного ладу, постійної захищеності інтересів людини та створення нормальних безпечних умов життєдіяльності в державі в мирний час, збереження територіальної цілісності під час реагування на зовнішні та внутрішні обставини в особливий період з числа громадського, рядового та офіцерського складу методом лінійно-функціонального контролю.

Об'єктами національної безпеки є: люди (їхні конституційні права та захист), суспільство (інтелектуальні та матеріальні цінності, інформаційне і навколишнє природне середовище і природні ресурси), держава її суверенітет, недоторканість та збереження внутрішнього порядку,

Формулювання класифікації проектів згідно методології управління проектами: за складом і структурою (зміст предметної галузі, його життєві цикли), за типом сфери діяльності в яких здійснюється проект (організаційні, технічні, економічні. Соціальні та змішані), за видом (характером предметної галузі проекту), за тривалістю, масштабом та складністю, стейкхолдерами та бюджетом. Доцільно доповнити класифікацію для BOS:

- за формуванням (воснізовані, невоснізовані та спеціальні);
- за напрямком реагування (зовнішнього захисту від агресора та внутрішнього збереження порядку та створення безпечних умов життєдіяльності);
- за фаховістю (добровільні формування, підготовлені спеціалісти).

В залежності від характеру завдань існує значна кількість типів команд, виділяють наступні:

1. Проектні команди
2. Виробничі команди
3. Консультативні команди
4. Групи дій
5. Управлінські команди
6. Робочі команди
7. Команди вищого менеджменту

Для якісного впровадження методології управління проектами та опису груп процесів життєвого циклу слід визначити усіх членів зацікавлених сторін та визначити вимоги. концепцію проекту для розробки планування проекту (декомпозиції та організаційної структури). Середовище в BOS є динамічно складним та не стабільним, що в свою чергу впливає на кадровий менеджмент та його потенціал. Сьогодні гострим викликом перед державою являється якісний відбір, формування, підготовка та управління персоналом, який здатний виконати поставлені на

нього задачі під впливом факторів внутрішнього та зовнішнього середовища проекту.

Плинність кадрів за даними американського бюро трудової статистики (United States Bureau of Labor Statistics) співробітники у віці 20-24 років в середньому працюють на одному місці не більше 1,1 року, у віці 27-34 років співробітники затримуються на робочому місці трохи довше, в середньому 2,7 років. В середньому рівень плинності складає близько 40%, його аналіз дозволить зменшити цей коефіцієнт, який залежить від: внутрішньої і зовнішньої плинності, звільнення за власним бажанням, плинність в різних департаментах організації, в залежності від виду виклик ліків поставлених задач та плинність в залежності від рівня продуктивності. Нижче представлено рисунок 3, який показує аналіз плинності кадрів за рівнем продуктивності членів проектних команд. По вертикальній осі відображається рівень плинності працівників, по горизонтальній осі відображається часова шкала по роках. Більш кваліфіковані працівники рідше покидають місце роботи порівняно з не продуктивними через краший рівень взаємозв'язків із керівництвом проектів.

На етапі ініціації є найбільший ризик та невизначеність, який в процесі зменшується завдяки формалізації усіх процесів у концепції (статуту) проекту і доведення його усім зацікавленим сторонам впродовж усього проекту, адаптації членів формування команди до нових стандартів та норм для їх синхронного функціонування як одного соціального організму. Моніторинг та контроль виконання ведеться завдяки сучасним інформаційним системам менеджменту людських ресурсів і він є набуває найбільших значень на етапі становлення команди. Найбільший показник ресурсних затратів відбувається, коли учасники досягають стадії «зрілості», проводиться критичний аналіз з метою затвердження результатів або доопрацювання недоліків.

Готовим «продуктом» життєвого циклу є функціонуюча BOS команда. На етапі завершення проводиться аналіз накопиченого досвіду, формування архіву документації та оптимізація процесів для майбутніх проєктів.

У даній статті було розглянуто проєктний підхід до опису життєвого циклу складних систем безпеко-орієнтованої системи, а саме описано життєвий цикл в таких складних соціотехнічних системах з врахуванням їх особливостей та середовища. Сформульовано визначення безпеко-орієнтованої системи, описано її призначення, структуру та учасників. Відкласифіковано системи, типи команд та їх оцінки в методології управління проєктами. Створено модель-схему життєвого циклу в безпеко-орієнтованій системі з врахуванням процесів управління з моніторингу та контролю, рівнем трудових затрат. В подальших дослідженнях доцільно розглянути окремо кожен із фаз життєвого циклу безпеко-орієнтованої системи та їх взаємозалежності на досягнення цілей із відбору та формування проєктних команд в BOS.

На теперішньому ринку ІТ-продукції наявні автоматизовані системи управління персоналом умовно можна поділити на такі, що базуються на концепції ERP, CRM-системи (менеджмент відносин із клієнтами), фінансово-аналітичні системи, довідкові системи, системи захисту інформації, системи проєктування CASE засобами.

ERP (Enterprise Resource Planning, планування ресурсів підприємства) - організаційна стратегія інтеграції виробництва та операцій, управління трудовими ресурсами, фінансового менеджменту та управління активами, орієнтована на безперервне балансування та оптимізацію ресурсів підприємства за допомогою спеціалізованого інтегрованого пакета прикладного програмного забезпечення, що забезпечує загальну модель даних та процесів для всіх сфер діяльності. ERP – це насамперед інформаційна система,

яка дозволяє зберігати та обробляти більшість критично важливих для роботи компанії даних-роль аналітики.

Програмне забезпечення HRIS часто містить ряд взаємопов'язаних баз даних. HRMS (Програмне забезпечення управління людськими ресурсами) - це більш повний інструмент управління персоналом, що пропонує кілька функцій управління персоналом, таких як нарахування заробітної плати, адміністрування виплат, аналіз ефективності та огляд, а також набір та навчання. Система управління персоналом - це багатофункціональне програмне забезпечення. Тому слід бути гранично обережним, перш ніж вибрати такий для своєї компанії, HRIS має бути мобільним та зручним для користувачів. На українському ринках цей вид систем представлений переважно такими продуктами західних фірм, як "SAP", "Oracle", "BAAN", "PeopleSoft" і "Platinum".

Для автоматизації діяльності відділу кадрів, як і для будь-якого іншого відділу підприємства, розроблено цілий ряд програмних продуктів. Вибір автоматизованої інформаційної системи (АІС) залежить від її функціональних особливостей, масштабу підприємства тощо. Перелік програмних продуктів, розроблених для кадрової служби, досить великий і постійно поповнюється. Однак далеко не всі підприємства можуть дозволити собі досить дорогі програмні продукти, а деякі організації й досі все діловодство ведуть у паперовому вигляді.

Для успішного управління організаціями необхідно вміти правильно приймати різні управлінські рішення та обирати методи їх прийняття. В статті розглядаються особливості застосування методу експертних оцінок для прийняття рішень в умовах функціонування проектних установ. Існуючі на сьогодні об'єктивні методи визначення оптимального варіанта розвитку організації в умовах невизначеності не здатні з достатньою точністю відобразити

в кількісних показниках якісний зміст HR процесів і не дають змогу визначити комплексну оцінку. Тому однією із альтернатив є використання методу експертних оцінок.

Під час розв'язування задач експертного оцінювання в галузях кваліметрії та професійного відбору з використанням різних шкал виникає потреба у виявленні взаємозв'язку між кількісними та якісними показниками деяких об'єктів порівняння (ОП), якщо їх треба або можна ранжувати. Для цього використовують коефіцієнт кореляції Пірсона для шкал відношень, інтервалів та кількісної шкали, рангову кореляцію Спірмена або Кендалла та інші – для шкали порядку

Таблиця 1

Особливості	Особливості модулів ERP	Особливості HRMS
Рекрутинг	+	+
Основне управління базами даних співробітників	+	+
Оцінка ефективності	-	+
Робочі процеси	-	+
Портал для співробітників	-	+
Звіти та аналіз	+	+
Навчання та розвиток працівників	+	-

Аналітики обробляють отримані оцінки. Обчислюють нормалізовану вагу параметрів (наприклад, критеріїв) за формулами середнього арифметичного, середнього геометричного або середньозваженого. Потім комплексні оцінки нормалізують. Для аналізу кандидатів доцільно застосовувати індексний метод, в основу якого закладено поняття «еталонного» кандидата – таланта, який має

необхідні навички для проекту. Відповідність претендента визначається на основі відношення відхилення від «ідеального кандидата» до максимального відхилення. Якщо відхилення кандидата рівно максимальному, то коефіцієнт відповідності буде рівним 0. Якщо кандидат має всі необхідні навички, то він співпадає з «портретом ідеального кандидата» і коефіцієнт відповідності рівний 1.

Індексний метод на вході отримує дані профілів претендентів і інформацію по вимогах на включення в проектну команду. В результаті генерується список профілів кандидатів, відсортованих в порядку спадання коефіцієнта відповідності претендента на проект навчання в ЗВО ЦЗ. Найбільш відповідні кандидати будуть представлені ОПР із перших записів отриманого рейтингу.

Інформаційно-аналітична технологія професійного відбору передбачає виконання такої послідовності процедур.

1. Експертне оцінювання відповідності кандидатів визначеній моделі.

2. Попереднє оброблення результатів оцінювання. Побудова візуалізованих персонограм кандидатів. Розрахунок коефіцієнтів відповідності кожної зі складових професіограми для кожного з кандидатів.

3. Розрахунок узагальнених показників і рейтингів кожного з кандидатів та складання ранжованого списку.

Інкрементна розробка являє собою процес часткової реалізації всієї системи і функціональних можливостей. Діє по принципу каскадної моделі з перекриттями, завдяки чому функціональні можливості продукту, які придатні до експлуатації, формуються раніше. Потребує повного заздалегідь сформованого набору вимог, може початися з формування загальних цілей, які потім уточнюються і реалізуються. Інкрементна модель є розвинутою каскадною моделлю. В результаті виконання кожного інкременту одержується функціональний продукт. Використання

послідовних інкрементів дозволяє об'єднати отримані результати у комплексний продукт, тобто можливість розбиття задачі на частини, якими можна ефективно керувати.

Склад програмного та технічного забезпечення залежить від конкретних умов організації діяльності підприємства, а саме від масштабів виробництва, чисельності персоналу, організаційної структури апарату управління, масштабності документообігу, потреб в оперативній та ретроспективній інформації, ступеня централізації робіт з документами тощо.

HRIS – це сукупність інтелектуальних інформаційних застосувань та інструментальних засобів, які використовуються для маніпулювання даними, їхнього аналізу і надання результатів такого аналізу кінцевому користувачеві. Сучасна СППР дає змогу передбачати ступінь впливу ухвалених рішень на подальший розвиток організації. Під багатовимірним аналізом ми розуміємо техніку подання даних з різних точок зору, або «вимірювань». Дані завантажуються у сховище у вигляді фактів, а «вимірювання» є індекси, які забезпечують простий і швидкий доступ до цих фактів з різних напрямів. Для реалізації багатовимірного аналізу потрібна підтримка спеціалізованої багатовимірної БД. Засоби багатовимірної обробки можуть бути реалізовані в межах реляційної технології. У СППР, що оперують агрегованими даними, традиційна технологія підготовки інтегрованої інформації на основі запитів і звітів стала неефективною через різке збільшення кількості та різноманітності вихідних даних. Розв'язок був знайдений і сформульований у вигляді концепції сховища даних (DataWarehouse, СД) [18].

Використання архітектури клієнт-сервер підтримує максимальний рівень надійності зберігання, актуальність та достовірність програм, що розраховані на багато

користувачів ІС з централізованою базою даних, незалежні від апаратної частини сервера БД.

Особливостями програмного рішення є: · його web-орієнтованість, · адаптованість до особливостей діяльності, · можливість обрання кандидатів з сформованого списку, після введення вимог до кандидата, · підтримка необмеженої кількості користувачів, одночасно працюючих з базами даних, · можливість створення звітів та різних документів з шаблонів.

Застосування універсальної мови моделювання UML дозволяє визначити, візуалізувати та задокументувати об'єктні моделі програмного забезпечення системи. У свою чергу це дає змогу спростити розуміння структурної організації програмного продукту і визначило специфікацію задач реалізації програмного комплексу інформаційної системи HRIS.

Для проектування, побудови й програмної реалізації системи необхідна її орієнтація для підтримки прийняття рішень у рамках предметної області. На етапі моделювання здійснюється побудова регресій та оптимізація підмножини змінних, прийняття рішень на основі методик нейронних мереж, побудова класифікаційних дерев для оптимального набору змінних і оптимального розбиття безлічі об'єктів, кластеризація й оптимальне групування об'єктів. На етапі підготовки даних забезпечується доступ до будь-яких реляційних баз даних, текстових файлів. На основі підготовлених даних спеціальні процедури автоматично будують різні моделі для подальшого прогнозування, класифікації нових ситуацій, виявлення аналогій. Дані додатка підтримують побудову п'яти різних типів моделей – нейронні мережі, класифікаційні й регресійні дерева рішень, байєсів аналіз та кластеризацію.

Структурно-функціональне моделювання IDEF0 для проекту HRIS дозволяє графічно описувати процеси та

комплексно досліджувати інформаційну систему. Завдяки методології функціонального моделювання систему можна побачити у вигляді набору взаємопов'язаних функцій (функціональних блоків). Тому процес проектування web-системи необхідно розпочинати з розробки контекстної діаграми IDEF0.

Для бази даних були виділені наступні сутності: users (ОПР, експерти та інші користувачі) зберігають інформацію про користувачів; candidates (претенденти на включення в проєктні команди ЗВО ЦЗ) зберігають інформацію про кандидатів; resumes – зберігає інформацію про анкетні дані на основі яких формується особиста справа; role – зберігає інформацію про ролі на проєктах; На рисунку. наведена інформація про атрибути до відповідних сутностей. Визначивши сутності та атрибути інформаційної системи була побудована ER-діаграма, яка зображена на рисунку. ER-діаграма являє собою графічне представлення (рисунок 5) сутностей та їх взаємозв'язків між собою.

За допомогою даної діаграми можна побачити, як сутності зв'язані між собою в інформаційній системі: candidates та resumes мають зв'язки «один до одного», один кандидат може відправити одне резюме, та одне резюме повинно відноситися до одного кандидата; role та resumes мають зв'язок «один до багатьох», одне резюме може відноситися до однієї вакансії, одна вакансія може мати багато резюме; role та required skills мають зв'язок «один до багатьох», одна навичка може відноситися до однієї ролі, одна роль може мати багато навичок candidates та skills мають зв'язок «багато до багатьох», одна навичка може відноситися до багатьох кандидатів, один кандидат повинен мати хоча б одну навичку; candidates та additional info мають зв'язок «багато до багатьох», один пункт може відноситися до багатьох кандидатів, один кандидат повинен мати хоча б один параметр. Перевага реляційних баз даних є очевидною.

Практично всі системи управління базами даних дозволяють додавати нові дані в таблиці, змінювати, переглядати і друкувати їх.

Під час взаємодії різних функціональних підрозділів ЗВО ЦЗ накопичуються багато даних про її діяльність, але ці дані ще потрібно структурувати у інформацію для ефективних управлінських рішень. Аналітичні методи дозволяють ОПР здійснити весь цикл роботи з вихідними даними, що мають більші обсяги й нез'ясовану статистичну структуру завдяки Data Mining. Він включає такі етапи: вибірка, дослідження, модифікація, моделювання, оцінка результатів. Підсистема аналітики й прогнозування містить методи статистичної обробки даних, які можна розділити на чотири взаємозалежні розділи: попередній аналіз кадрових статистичних даних; виявлення зв'язків та закономірностей (лінійний і нелінійний регресійний аналіз, кореляційний аналіз); багатовимірний статистичний аналіз (лінійний і нелінійний кластер-аналіз, компонентний аналіз, факторний аналіз); динамічні моделі та прогноз на основі тимчасових рядів [теорія спр].

До складу аналітичного програмного комплексу (АПК) входить спеціальний набір програмних засобів та інструментів рейтингового аналізу, що дозволяє досліджувати дані об'єктів порівняння та формувати на підставі їхніх показників різні рейтинги для ОПР. Рейтинг-аналіз дозволяє оцінювати як поточний стан сукупності об'єктів, так і їх стан у минулому на основі тимчасових рядів. При цьому здійснюється порівняння отриманого результату із станом інших аналогічних об'єктів порівняння.

В АПК реалізовано широкий спектр можливостей перегляду різних діаграм і складання рейтингів-звітів. Ще одним інструментом аналізу і подання даних є WebIntelligence, який має засоби побудови звітів через веб-браузер.

Для моделювання бази правил доцільно застосувати нечіткі когнітивні карти, завдання правил та функцій приналежності на термах та виведення динаміки розвитку системи при різних вхідних впливах. Ініціюється задача оптимального управління даною системою і дослідження її поведінки в процесі управління людськими ресурсами ЗВО ЦЗ та умов внутрішнього середовища. Система характеризується нечіткою логікою людських факторів. Пропонується один із підходів до побудови узагальненої нечіткої когнітивної карти, в якій виділяються вхідні та вихідні змінні, а зв'язки описуються нечіткими правилами.

Нечітко-когнітивний підхід до побудови імітаційних моделей складних систем дозволяє реалізувати оптимальне управління такими системами без побудови точної математичної моделі. Наочність нечітких когнітивних карт, можливості проведення чисельного моделювання, а також комбінування експертного та адаптивного підходів для побудови правил роблять узагальнені нечіткі когнітивні карти зручним засобом опису систем.

Функція належності елемента до множини приймає значення у інтервалі $[0, 1]$, а не тільки 0 або 1 (характерна риса нечіткої логіки). Таким чином когнітивні карти Коско дозволяють вказати «інтенсивність» впливу між факторами. Подібна математична структура дозволяє формалізувати суто суб'єктивну думку ОПР, сформовану в умовах неповної інформації щодо приналежності елемента до деякої групи.

Базовим компонентом нейронної мережі є вузол опрацювання даних. Кожний вузол опрацювання сумує значення своїх входів. Далі ця сума проходить через довільну функцію активації для отримання вихідного значення вузла.

У залежності від позитивної, або негативної відповіді буде винесено рішення для ОПР. В якості алгоритму для самонавчання нейронної мережі було обрано генетичний алгоритм. Генетичний алгоритм – це адаптивний

евристичний метод пошуку, який представляє собою ймовірнісний алгоритм пошуку, заснований на механізмі оптимального відбору та природної генетики. Він застосовується для надбудови прихованих ваг і вихідних слоїв нейронної мережі. Даний алгоритм містить такі компонентні процедури: формування початкової популяції, оператора кросингвера, мутації, оцінки пристосованості осіб, селекція. Популяція містить множину альтернативних рішень, представлених у вигляді осіб популяцій. Алгоритм завершує свою роботу, якщо значення похибки розпізнавання кращої особи популяції не змінюється популяцій. Чим більше n , тим менше похибок розпізнавання і точніша нейронна сітка.

Єдині прямі розрахунки машинного навчання генетичного алгоритму це рух по нейронній сітці. Через це системні вимоги дуже гнучкі в порівнянні з глибинним навчанням нейронної мережі); адаптивність (можна було б адаптувати та інтегрувати різноманітні тести і способів маніпулювання гнучкою природою генетичних алгоритмів).

Висновки. Отже, розроблено інформаційну технологію підтримки прийняття кадрових рішень для закладу вищої освіти як експертну систему. Аналітична підсистема забезпечить організацію та супроводження діяльності приймальної комісії на всіх етапах, починаючи від аналізу плану набору здобувачів ЗВО ЦЗ. Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що удосконалені модель і методи доц

ільно реалізувати у вигляді програмного модуля. Це дозволяє поліпшити якість відбору кандидатів. Створена система дозволить сортувати, вибирати із списків потрібну інформацію, проводити арифметичні операції і виконувати чимало інших функцій, які дозволять автоматизувати рутинну роботу фахівця відділу кадрів.

У розроблених моделях розглянуто використання баз даних і баз знань, необхідних для зберігання, моніторингу й аналізу великих обсягів інформації для роботи інтелектуальної системи, орієнтованої на підтримку прийняття рішень різних класів завдань. Наявність комплексних методів підтримки ухвалення рішення, що використовуються на кожному етапі формування проєктної команди, дозволить значно збільшити кількість функціональних завдань в управлінні людськими ресурсами.

ЛІТЕРАТУРА

1. [Bushuyev S.](#), [Bushuiev D.](#), [Zaprivoda A.](#), [Babayev J.](#), [Elmas Ç.](#) Emotional infection of management infrastructure projects based on the agile transformation, CEUR Workshop Proceedings, 2020, 2565, pp. 1-12
2. [Bushuyeva N.](#), [Achkasov I.](#), [Bushuieva V.](#), [Kozyr B.](#), [Elmas Ç.](#) Managing infrastructure projects driving by global trends, CEUR Workshop Proceedings, 2020, 2565, pp. 13-23.
3. [Bushuyeva N.](#), [Bushuiev D.](#), [Bushuieva V.](#), [Achkasov I.](#) IT Projects Management Driving by Competence. 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2018 - Proceedings, 2018, 2, pp. 226-229, 8526680. doi:[10.1109/STC-CSIT.2018.8526680](https://doi.org/10.1109/STC-CSIT.2018.8526680)
4. Kononenko I., Sushko G., Forming a project team to develop information and communication technologies. Information Technologies and Learning Tools. 73. pp. 307-322.
5. Chumachenko I. V. monograph «Methods of human resources management in the formation of teams of multiprojects and programs», 2015. 202 p.
6. Kobylykin D.S. Zachko O.B. Structural models of safety-oriented management of infrastructure projects decomposition. Materials of 2020 IEEE 15th International

Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT 2020). V. 2. Lviv-Zbarazh, 2020. Pp. 131–134.

7. Kobylkin D., Zachko O., Korogod N., Tymchenko D. Development of models for segregation the elements of infrastructure projects management with the application of a mono-template under safety-oriented management. [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies](#). Vol. 6. № 3 (108). 2020. P. 42–49.

8. Kobylkin Dmytro, Zachko [Oleh](#), Ratushny Roman, Ivanusa Andriy and [Carsten Wolff](#): Models of content management of infrastructure projects mono-templates under the influence of project changes. [ITPM 2021](#). P. 106–115

9. Zachko O.B., Chalyy D.O., Kobylkin D.S. Models of technical systems management for the forest fire prevention. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. No. 5. P. 129–135.

10. Kobylkin Dmytro, Zachko [Oleh](#), Popovych [Vasyl](#), Burak [Nazarii](#), Golovaty [Roman](#), [Carsten Wolff](#): Models for Changes Management in Infrastructure Projects. [ITPM 2020](#). P. 106–115.

11. [Oleh Zachko](#), [Oleh Kovalchuk](#), [Dmytro Kobylkin](#) and [Valentyna Yashchuk](#). Information technologies of HR management in safety-oriented systems. *Materials of 2021 IEEE 16th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT 2021)*. V. 2. Lviv, 2021. Pp. 387–390

12. The future of HR 2019: In the Know or in the No. KPMG International Cooperative, 2018. – 24 p.

13. Ю. В. Козлов, О. О. Новикова Метод побудови ранжируваних списків кандидатів на заміщення посад для прийняття кадрових рішень

14. Г. І. Хімичева, Ю. В. Фарфанюк, Н. В. Колесіна Застосування експертних методів прийняття рішень при

управлінні проектними організаціями

15. В.В. Дубровіна, В.Є. Козлов, Ю.В. Козлов, О.О. Новикова Встановлення узгодженості результатів при розв'язуванні задач експертного оцінювання Збірник наукових праць Національної академії Національної гвардії України. – 2014. – Вип. 2(24). – С. 92-94.

16. Полторац С. Практичне застосування інформаційно-аналітичної технології відбору кадрів, Збірник наукових праць Академії внутрішніх військ МВС України. 2012. Вип. 1 (19), с. 49-51

17. Kosko V. Fuzzy Cognitive Maps // International Journal of Man-Machine Studies. – 1986. – Vol. 1. – P. 65-75.

18. Новикова О. О. Інформаційна технологія підтримки прийняття кадрових рішень для закладів вищої освіти України, автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кан. техн. наук: 05.13.22. Харків, 2019. 20 с.

19. Мороз А.М., Похлебін Н. О., Хобін В. А. Інформаційно-аналітична система приймальної комісії ОНАХТ як основа автоматизованого управління формування контингенту студентів. *Automation of Technological and Business Processes*, 12(4), 36-42. <https://doi.org/10.15673/atbp.v12i4.1933>

20. N. Ivanushchak, N. Kunanets, V. Pasichnyk. Information technologies for analysis and modeling of computer network's development, Lecture Notes on Data Engineering and Communications Technologies, 2021, 48, pp. 447-468. doi: 10.1007/978-3-030-43070-2_20

21. A. Ivankevich, V. Piterska, A. Shakhov, V. Shakhov, V. Yarovenko. Proactive Strategy of Ship Maintenance Operations, IEEE 2019 14th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2019 - Proceedings, 2019, 3, Pp. 126-129, 8929741. doi: 10.1109/STC-CSIT.2019.8929741

22. O. Danchenko, M. Palchynska, I. Azhaman, N. Telichko., M. Sadova. Psychological means of theoretical modeling of the optimum number of project staff, *International Journal of Management*, 2020, 11(4), pp. 414-426. Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3601562>

23. S. Chernov, L. Chernova, S. Titov. Reduction in Discrete Optimization Problem, 2018 IEEE 13th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2018 - Proceedings, 2018, 2, pp. 230-233, 8526718. doi: 10.1109/STC-CSIT.2018.8526718

24. О. Б. Зачко, Д. С. Кобилкін, О. І. Ковальчук. Модель формування інформаційної системи проектних команд в безпеко-орієнтованій системі. Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості. 2019. № 4 (10)

25. Zachko, O. Kovalchuk, D. Kobylkin and V. Yashchuk, "Information technologies of HR management in safety-oriented systems," *2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, 2021, pp. 387-390

26. O. Zachko and O. Kovalchuk, "Models of the Life Cycle of Forming Project Teams in a Security-Oriented System," *2020 IEEE 15th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, 2020, pp. 211-214

27. O. Zachko, O. Kovalchuk, D. Kobylkin and V. Yashchuk, "Information technologies of HR management in safety-oriented systems," *2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*, 2021, pp. 387-390

28. Oleh Kovalchuk, Oleh Zachko, Dmytro Kobylkin and Tanaka Hiroshi IT development of HR-systems in the field of human safety. Proceedings of the 2nd International Workshop IT Project Management (ITPM 2021), February 16-18, 2021

29. Kovalchuk, O., Zachko, O., & Kobylkin, D. Метод оцінки та відбору кандидатів у проектні команди закладів вищої освіти в системі цивільного захисту. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*, 24, 123-129. 2021

30. Zachko O.B., Kovalchuk O.I., Kobylkin D.S. Flexible methodologies in a safety-oriented HR organization. РМКиv 2021 “Управління проектами в умовах пандемії COVID-19 »: тези доповідей / відповідальний за випуск С.Д. Бушуєв. Київ: КНУБА, 2021. С. 68–72.

31. Зачко О.Б., Ковальчук О.І., Кобилкін Д.С. Моделі управління процесами відбору в проектні команди безпеко-орієнтованої системи. «Управління проектами: стан та перспективи»: матер. XVII Міжнар. наук. – практ. конф. Миколаїв, 2021. С. 36–38.

32. Zachko, O., Kobylkin, D., Kovalchuk, O., Markov, V. (2020), "Model for forming an information system of project teams in a security - oriented system", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 2 (12), Pp. 49–56.

33. Ковальчук О.І., Зачко О.Б., Методи інформаційної підтримки формування проектних команд в безпеко-орієнтованій системі. XVI Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, курсантів та студентів. 2021. С. 288-289.

UDC 159.944

**MANAGEMENT ACTIVITY OF LEADERS THROUGH
THE PRISM OF TRANSACTIONAL ANALYSIS**

Grishchenko O.V. 2nd year PhD student of the National University "Lviv Polytechnic," lecturer at the Department of Theoretical and Practical Psychology of the National University "Lviv Polytechnic."

Complicating the content of organizational activities (development of technology, technology, production, and organizational relations), structuring the production environment (work is becoming more specialized and interdependent), and fundamental changes in work philosophy (changes in attitudes, needs) have led to new values in the organization. The most important among them are the values of managerial interaction based on humanization and democratization, joint activities, strengthening the requirements for leaders and their actions, and rethinking organizational motivation. There is an active introduction of new information and educational technologies, expansion of international contacts, optimization of forms of interaction, and business communication with foreign partners. All this highlights the importance of psychological and socio-psychological factors in personnel management [3,6].

In Ukraine, this process is due to specific social and socio-psychological factors (lack of precise social, economic, and socio-psychological mechanisms for regulating organizations and stimulating workers; lack of stable living conditions, the complexity of the socio-psychological situation - negativism, insecurity, stress, etc.).

Psychology of human resource management - a field of knowledge and practical activities, the task of which is to take into account and effectively use people's psychological

characteristics and capabilities to improve the organization's performance. Human resource management enhances the organization's effectiveness through the effective selection, optimal use, and systematic encouragement [2].

The main tasks of personnel management often include finding, selecting, and socializing employees; training, development, and evaluation of staff activities, creating a system of their objective certification; developing organizational structures, the image of staff and organization; management of changes and innovations, provision of communications, reward system, the favorable socio-psychological climate of the organization's staff.

Analysis of the study of the leader's personality in the history of organizational psychology, especially Western, shows that the methodological basis of this study is the leadership problem. Familiarity with existing leadership theories indicates a particular theoretical uncertainty, the inseparability of the concepts of "leadership" and "leadership," which cannot be considered synonymous for all its substantive combinations. In practice, we do not always see the correct substitution of the concept of "leadership" for the concept of "leadership." In analyzing theories of leadership, we assume that the concept of "management leadership" is used in a broad sense, which contains a set of phenomena related to the concepts of "management," "leadership," and the concept of "leadership" in a narrow (literal) its definition. But the object of intensive research by psychologists, the leader's figure, became in the 70s of the XX century. - a period of revolution in management, which expanded its scope beyond the economy and industrial enterprises; contributed to the improvement, updating of management methods and technologies, etc. All this imposed new requirements on managers and their management activities in the fields of psychology (social psychology, organizational psychology, psychology of work, etc.) in the early XX century. Many concepts (approaches, theories) have been developed regarding leadership [1, 7].

A systematic approach to the psychology of organizational personality development requires analysis of the development of the cognitive activity of the individual, ways to realize its psychophysiological, moral, social, and professional potential, and mechanisms of transition of external influences into internal regulators of behavior and more. Modern psychology of management follows the path of finding an integrated approach to leadership, summarizing all the factors influencing the processes of leadership in the group.

One such attempt is the theory of interdependent factors. Thus, the famous American sociologist and psychologist D. McGregor believes that leadership depends on four interdependent factors:

- personality characteristics of the leader;
- relationships, needs, interests, and personal characteristics of subordinates;
- features of the organization: its structure, the nature of the tasks it solves;
- specifics of the political, economic, and social environment [7].

Also, one of the most common theories of leadership and leadership is the theory of transactional analysis.

Transactional analysis is a humanistic theory of personality, human relations, and communication used in psychotherapy, personal growth, education, and even the scale of the organization.

Originally a form of psychotherapy founded by a physician and psychiatrist between the 1950s and 1960s, Eric Berne was an innovative and creative thinker who combined ideas from other currents (psychoanalytic, cognitive-behavioral, phenomenological, etc.), but this is theoretical, and the practical body still operates today and is used in many contexts [9].

But Bern, despite respect for his origins as a psychoanalyst, disagreed with specific ideas that he stimulated this model. After

publishing various articles and books, he developed his model of "social psychiatry." His articles and books have always been written in simple vocabulary, allowing them to understand professionals and people without psychological or medical education. For Bern, communication and knowledge are primarily a solution to emotional problems, and he focuses his approach on social relations, where the transaction is the basic unit.

Eric Berne himself explains in his book "The Games We Participate In" that: "The unit of social relations is an operation. If two people meet each other ... sooner or later, one of the two will speak, give some instructions or express gratitude for their presence. This is known as a transaction stimulus. Then the other person will say or do something related to the stimulus, which is called a transactional response." [10]

Eric Berne's model is gaining popularity, and he decided to establish the ITAA (International Association for Transactional Analysis) with the mission to delve into certain concepts of transactional analysis and reveal different contexts of theory in practice. This principle still applies today to ensure the quality of the therapeutic and educational process in the various centers that perform transactional analysis.

Transactional analysis is best described as an integrative approach due to its multifaceted nature. Unlike the eclectic approach, in which the practitioner selects the most appropriate ideas or methods from a wide range of theories or models, the integrative approach finds a connection between different models combined into a new model or theory.

In transactional analysis, for example, there are different schools: classical or cathexis. As the practitioner combines the concepts of transactional analysis, he chooses a school that suits his way of being or way of conducting therapy or moving through different approaches within the same theory, so it is about finding the path that best suits the cases under consideration. In a sense, we start with the theoretical and practical basis and move on to

some options, as is often the case in the psychoanalytic approach [13].

In fact, Bern's integral approach was born out of the fact that, under the influence of psychoanalysis, he believed that Freud's theory focused all his efforts on the past, leading to therapeutic practice that left aside the here and now, forgetting aspects that are beneficial to therapy as a concentration on the awareness of the psyche [10].

To achieve this, he combined the ideas and techniques of classical psychoanalysis with the views of humanism or behaviorism. The new theory did not focus on introspection of the past but on what the modern, interpersonal context or self-realization and personal growth nourished in their unique way of therapy.

One of the most significant achievements of transactional analysis is that it offers a methodology and basic concepts expressed in simple language without technical reasons and, in turn, facilitates methods of personal change.

Psychological transactions are analyzed using the states of the Adult ego-state, which differs from those proposed by Freud. There are three states themselves: father, adult, and child.

Father: Critical and caring part of the psyche, which is formed under the influence of an authoritative person in childhood.

Adult: A rational and realistic state that helps the psyche be "here and now."

Child: Impulsive and spontaneous state, manifested in creativity and the ability to "withstand" negative conditions and events in life to find the positive [8, 15].

The transactional analyst draws a chart in which the client can evaluate the data of ego-states manifested in the transaction. For example, two friends met, one asked: "How are you?", The other replied: "Everything is fine, but how are you?". This is a direct transaction from the adult-adult ego-states.

But unfortunately, not all interactions are complementary and direct; therefore, some are non-functional. Berne called such transactions "cross-transactions." For example, a couple of men and a woman. The woman asks: "Where are my glasses?", The man answers: "I don't know, you lose them forever!". In this case, we see a cross-transaction: A woman turns from an Adult ego-state to an Adult, but her husband responds from a Child.

Transactional analysis is a model of personal decision that helps to understand relationships with others and yourself. It allows us to feel and realize what we are, need, and want. Similarly, it strengthens us in the face of change and gives us autonomy and initiative in our personal development [17,18].

The tasks of transactional analysis can be divided into three main features: consciousness, spontaneity, and intimacy. Consciousness or self-knowledge is the ability to distinguish what is real from what is fantasy. Spontaneity is associated with expressing thoughts, feelings, emotions, and needs. Intimacy is the ability to discover the other to be real and close.

From the main provisions of transactional analysis, we can highlight the following:

- Relationships, in all its forms: with oneself and with others.
- Belief that profound change. This is due to experience.
- It is a theory of communication that analyzes various forms of interaction: between people, couples, families, organizations, and so on.
- It allows you to analyze and understand irrational beliefs, impulsive behavior, superstitions, illusions ...
- It is an individual and group therapy method that interferes with cognitive, affective, relational, psychological, behavioral, and personal parameters [12].

Leadership and leadership in the transactional analysis are different concepts. The transactional analysis identifies three main components of leadership: administrative, practical, and

psychological. A leader who possesses these three characteristics can be considered a "charismatic leader."

Administrative type. Such a manager is appointed by the top management and has the right to sign into the company, i.e., the official manager.

Effective type. This type can be described as "the leader you want to follow." This person gives constructive criticism and, if necessary, guides managers to work effectively.

Psychological type. This type is characterized by the fact that it can provide emotional and psychological support, empathy, and mutual respect [11].

Features of a charismatic leader, i.e., a leader who has these three characteristics are:

- energy; others feel that the leader radiates energy;
- respectable, influential appearance, obligatory attractiveness;
- independence of character;
- good public speaking skills, ability to speak convincingly and communicate with other people;
- adequate perception of praise for one's personality; charismatic individuals are not burdened by admiration from others but do not become arrogant or selfish;
- confident manner of holding in various (including unfavorable) situations;
- dignified and confident manners [19].

Charismatic people have a significant influence on other people, and this influence is stable. In addition, such a person can generate self-belief in a single performance. Based on the example's strength, this management differs from the expert. In the latter case, if the leader makes a mistake, the belief in his knowledge will decrease, eventually the power of influence. In addition, the formation of expert power takes a long time.

Thus, influence by example, or the power of charisma, is common in management practice and organizational psychology [3, 8].

The personal approach in the psychology of management is based on the fact that in all circumstances, the key part of the organization's management system is the leader's personality. The successful development of the organization largely depends on it.

Huge funds are spent on managers' selection, training, and remuneration. Many companies, such as IBM, spend 25 to 40 days a year improving each of their managers. In Japan, companies rotate every 1.5-2 years: they try to develop each manager in every way, invest money in him, teach him a new profession, and ensure horizontal growth. That is why the problem of selecting managers with a "set of qualities appropriate for successful management," despite the criticism of the "theory of personality traits," is always relevant.

Answers to questions: who becomes a leader or manager; what role do personal qualities play in this; who should not be involved in management; what you need to know about the identity of the manager so as not to make mistakes when appointing him to the position, etc. - are very important for the effective operation of the organization. Substantiating professionally and intellectually important, psychologically and socially necessary qualities of the leader's personality is one of the most pressing problems of management psychology [7].

Personality traits of the leader - are the most stable characteristics that have a decisive influence on management. In the psychological aspect, they depend on the nature, structure, orientation, experience, abilities of the individual, and working conditions. These are complex, multifaceted phenomena, the specific manifestations of which depend on the structure of the individual and the action of various factors. As we have already noted, considering the problem of leadership theories

(leadership), the leader's personality as an object of knowledge presents significant difficulties.

For this reason, the theory of personality of the leader can not be called quite successful. Situational views reflect theoretical and practical difficulties in understanding the leader's character (leader). But, according to psychologists, the point is not that such qualities, which are commonly called leadership, do not exist. They certainly are, but there are many, and they are diverse. Leaders in different groups and at different stages of their development must perform many functions. Here are some well-known lists of qualities and traits of an effective manager. Thus, R. Stogdill identified ten "main managerial qualities": dominance, self-confidence, emotional stability, resilience, creativity, the pursuit of achievement, entrepreneurship, responsibility, reliability in performance, independence, and camaraderie. The list of "basic requirements for managers" was developed by the corporation "General" Motors":

- competence;
- dignity and higher responsibility in all matters;
- a sense of the new and the ability to take risks;
- sensitivity and mobility: respect for the opinion of others, constant desire for self-development, and willingness to change;
- high efficiency, constant desire to be the best and do everything in the best way [4, 5].

The domestic scientific literature most often distinguishes the following mandatory qualities for the manager:

- competence;
- high responsibility, personal dignity;
- a sense of the new and the ability to take reasonable risks, creatively solve problems, and courage in decision-making;
- flexibility, understanding of the situation, an acute perception of new needs, a sense of time and events;
- high efficiency, constant desire to be the best and do everything as perfectly as possible ;

- communication;
- attention to subordinates [6].

The problem of professionalism in managerial activity is especially significant. Unprofessionalism in the organization's management causes vast losses in the economic sphere, instills psychological discomfort, and the tension in interpersonal and intergroup relations. The growth, scale, and success of managerial activity depend on the level of individual self-realization of participants in the management process.

The professionalism of the leader is characterized by a certain level of psychological readiness for management. On the one hand, it is an integral quality, a property of the individual, formed in activity and communication. On the other - the process and result of activity and communication. Until recently, there was enough psychological knowledge and skills at the level of everyday ideas to lead a workforce for any specialist - engineer, economist, operator. This is not enough for a modern leader. He needs scientific psychological training [4].

In current conditions, an essential element of the professionalism of the leader is the level of his psychological culture. Modern management is consistently psychologized, and the search for ways to activate the human factor in the organization, taking into account the psychological and socio-psychological characteristics of staff, is one of the important conditions for improving management efficiency. An important factor in shaping the professionalism of the leader is the organizational potential of the leader, which is a personal trait, is the subject of psychological research.

The organizational potential of the leader - is a personal trait that provides him with the ability to transform social reality effectively. A person's organizational skills provide organizational potential. Organizational skills - a mental property of the individual, which is a psychological condition for its successful organization and the implementation of collective

activities. The ability to organize - is not a simple sum of personal characteristics but a systemic quality that arises at the junction between society, team, individual, and object of the latter [7].

Analyzing the structural and substantive foundations of leadership psychology (leadership), including "qualities and traits of the leader," "competence," "organizational potential," and "professionalism," we reach the level of psychological synthesis and actualization of these components, defined by "authority."

Authority is an integral property of a person, which is formed based on his professional, moral, and intellectual qualities as a result of reflections in the minds of people of social significance, value, and usefulness of such characteristics. The authority of the leader is one of the most critical aspects of the problem of leadership (leadership). Let us dwell briefly on the definition of the psychological essence of the authority of the individual and the specifics of the head leader. Depending on the psychological content, the following forms of personality authority are distinguished: moral, functional, formal, and collective.

·Moral authority, the core of which is man's worldview and moral qualities. Personality and organizational foundations of moral authority are the properties of the carrier, which express his attitude to people, education, understanding of the needs of subordinates, friendliness, and restraint.

·Functional authority is formed based on a person's professional competence, various business qualities, and attitude to his professional activity. Together with moral authority, they form a single personal jurisdiction of man.

·Formal authority (status authority). Its psychological basis is the social position a person occupies in the social structure. The most significant type of formal authority is the official authority of the head, the characteristic basis of which is power. Official authority is the right of the head sanctioned by the state

authorities and legally enshrined to exercise his powers over the members of the organization entrusted to him [6].

The integration of all three forms of personality authority leads to the formation of a collective authority of the individual, which is the real authority of man.

LITERATURE :

1. Бирман, Л. А. Управленческие решения : учеб. пособ. / Л. А. Бирман. – М. : Дело, 2004. – 204 с.
2. Карамушка, Л. М. Психологія управління закладами середньої освіти : монографія / Л. М. Карамушка. – К. : Ніка-Центр, 2000. – 332 с.
3. Лесечко, М. Д. Психологія управлінських рішень і створення ефективних команд : навчальний посібник / М. Д. Лесечко, А. О. Чемерис, Р. М. Рудніцька. – ЛПІДУ УАДУ, 2003. – 100 с.
4. Мармаза, О. І. Інноваційні підходи до управління навчальним закладом / О. І. Мармаза. – Х. : Основа, 2004. – 240 с.
5. Потапчук, Є. М. Управлінець як суб'єкт та об'єкт збереження психічного здоров'я / Є. М. Потапчук // Психологія : зб. наук. праць НПУ імені М. П. Драгоманова. – 2002. – Вип. 15. – С. 350–354.
6. Сафін, О. Д. Психологія управлінської діяльності командира / О. Д. Сафін. – Хмельницький : Вид-во АПВУ, 1997. – 149 с.
7. Третьяченко, В. В. Колективні суб'єкти управління: формування, розвиток та психологічна підготовка / В. В. Третьяченко. – К. : Стилос, 1997. – 585 с.
8. Bastianelli, L. & Ceridono, D. (2013) Drivers and Self Ego States in Social Cognitive TA: a research on drivers as protective strategies International Journal of Transactional Analysis Research 4:1 January 30-39

9. Berne, E. (1972) *What Do You Say After You Say Hello?* New York: Grove Press
10. Berne, Eric (1964) *Games People Play – The Basic Hand Book of Transactional Analysis* New York: Ballantine Books
11. Goulding, Robert L. & Mary M. (1979) *Changing Lives through Redecision Therapy*. New York: Grove Press Inc.
12. Hay, J (1992/2009 2nd ed) *Transactional Analysis for Trainers*. Hertford: Sherwood Publishing
13. Hay, J (1997) *Transformational Mentoring: Using Transactional Analysis to Make a Difference* *Transactional Analysis Journal* 27 : 3 158-167
14. Hay, J. & Williams, N. (1989) *The Reluctant Time Manager, Opportunities May*
15. Johnson, D. (1997) *Working Styles: The Application of the Concept of Drivers to Owner- Managers of Small Businesses* *Transactional Analysis Journal* 27:1 January 65-75
16. Joines, V. (2011) *Personality Adaptations Further Clarified* *Transactional Analysis Journal* 41:1 January 92-96
17. Klein, M. (1987) *How to Be Happy Though Human* *Transactional Analysis Journal* 17:4 October 152-162
18. Klein, M. (1992) *The Enemies of Love* *Transactional Analysis Journal* 22:2 April 76-81
19. Woollams, SJ. (1979) *Decision Scale* *Transactional Analysis Journal* 9:3 July 209-212

УДК 614.78

ЕКОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ СМІТТЄЗВАЛИЩ ТУРИСТИЧНО-РЕКРЕАЦІЙНОГО КОМПЛЕКСУ ЛЬВІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

*Король К.А. Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності*

Утворення найбільших мегаполісів та постійно зростаюча виробнича діяльність людини створюють одну з найгостріших проблем ХХІ століття, проблему захисту природного середовища від негативного впливу відходів виробництва і споживання. Практично в усі часи людина прагнула як найшвидше і дешевше позбутися відходів, засипаючи їх у найближчі яри чи в зниження рельєфу, не задумуючись при цьому про наслідки для навколишнього середовища.

Більшість міст світу практично побудовані на смітниках. Подальший їх ріст, розвиток промисловості і сільського господарства нерідко призводить до порушення екологічної ситуації, особливо у великих агломераціях, де господарська діяльність найбільш інтенсивно зосереджена на нагромадженні відходів, а неправильне і несвоєчасне їх видалення і знешкодження нерідко призводить до екологічної кризи. Наймасштабніший сміттеві кризи були зафіксовані у с. Грибовичі Львівської області у 2016 р., Греції місті Афіни 2017р., Лівані місто Бейрута 2015 р., Італії місті Неаполь у 1994 р. та інші. Повсюдно сміттезвалища виникають навколо міст, вони погано організовані, а часом і просто «стихийні» смітники, які є найбільш серйозними джерелами забруднення атмосферного повітря, ґрунтів, поверхневих та ґрунтових вод.

Туристично - рекреаційний потенціал Львівської області багатий на санаторно-курортні заклади (які славляться наявністю лікувальних мінеральних вод), лікувальні торф'яні грязі, родовище озокериту, садиби зеленого туризму, туристично-інформаційні центри, велика мережа річок, які є придатними для активних видів відпочинку та оздоровлення, державні, громадські музеї та галереї, театри, пам'ятки історії, природи, садового мистецтва, заказники, заповідники, архітектурні пам'ятки, природні комплекси та інші туристичні й відпочинкові заклади. Різноманітність природних умов і багатство рекреаційних ресурсів Львівщини створюють сприятливі умови для розвитку екологічного туризму.

Розвиток туристичної індустрії тісно пов'язаний з інфраструктурою області, практично всі гілки якої сьогодні знаходяться в незадовільному стані: відсутність дорожніх магістралей та під'їзних шляхів до туристичних об'єктів, несанкціоновані сміттєзвалища, стан деяких туристичних об'єктів та архітектурних пам'яток. До того ж розвиток туристичної галузі несе за собою безліч, як позитивних так і негативних наслідків. Позитивний вплив включає охорону і реставрацію пам'ятників природи, культури, історії. Одним з негативних є вплив туризму на стан навколишнього середовища. Зокрема це вплив на якість води, повітря, зростання кількості шкідливих викидів транспортними засобами, самовільне розпалювання вогнищ, забруднення відходами. Адже зараз туристична галузь насамперед розглядається, як одне з основних джерел поповнення державного та місцевого бюджетів, а навколишнє середовище відходить на задній план.

З метою охорони водних ресурсів, атмосферного повітря, ґрунтів, а також утилізації коштовних компонентів, що містяться у відходах, розробляють та продовжують різні промислові технології знешкодження і переробки відходів,

включаючи методи термічного і біометричного знешкодження й інші технологічні прийоми їхньої переробки.

Кожна країна світу стикається із проблемою поводження із відходами. Навіть якщо деякі країни вирішили проблеми із переробкою побутових відходів, то поводження із промисловими та небезпечними лише на стадії вирішення. В Україні накопичено близько 36 млрд. тон відходів, або більш як 50 тис. тон на 1 км² території, з яких утилізується лише 30% промислових відходів та 4% побутових відходів. Обсяги утворення, розміщення, утилізації та знищення відходів постійно уточнюються з урахуванням критеріїв віднесення їх до різних видів та різних класів небезпеки. Враховуючи те, що поводження з твердими побутовими відходами в Україні набуло критичного рівня та масштабної екологічної загрози вивчення даного питання є актуальним. Накопичення ТПВ відбувається на територіях полігонів, яких вже давно вийшов термін експлуатації та альтернативних методів для їхнього знешкодження на території країни не має.

Беручи до уваги масштабні наукові дослідження відомих вчених, які присвячені питанням поводження із побутовими відходами та методами покращення екологічного стану на довкілля, слід зазначити, що дана проблема є досить актуальна в місцях відпочинку та оздоровлення населення та дослідження екологічного стану на даних територіях майже не відбувається.

Масштабний моніторинг територій даних об'єктів дасть можливість зрозуміти який негативний вплив відбувається на довкілля в цілому, встановити шляхи зменшення рівня екологічної небезпеки та запропонувати ряд заходів для покращення даних територій для майбутнього відпочинку та рекреації.

Існує велика необхідність отримання моніторингу довгострокових хімічних даних, щоб зрозуміти вплив ТПВ на довкілля.

На даний час, у державній системі моніторингу довкілля функції і задачі спостережень та інформаційного забезпечення виконують 8 суб'єктів системи моніторингу: Міністерство природи, Державна служба з надзвичайних ситуацій, Міністерство охорони здоров'я, Міністерство аграрної політики та продовольства, Міністерство житлово-комунального господарства, Державне агентство водних ресурсів, Державне агентство лісових ресурсів, Державна служба України з питань геодезії, картографії та кадастру. Також, вивченням та покращенням займаються обласні та міські ради, які запроваджують для виконання спеціальні екологічні програми (Програма охорони навколишнього природного середовища на 2016-2020 роки, Регіональна програма стабілізації екологічної рівноваги внаслідок діяльності гірничо-хімічних підприємств Львівщини на 2015-2019 роки, Регіональна програма розвитку заповідної справи у Львівській області на 2009-2020 роки, Регіональна програма «Питна вода України» у Львівській області на 2012-2020 роки, Обласна програма забезпечення діяльності регіональних ландшафтних парків Львівщини на 2017-2021 роки). Вивченням найбільш оптимальних шляхів вирішення проблеми пов'язаної з висвітленими в цій статті, займалися ряд вчених проте саме вивченням територій ТПВ та впливу через атмосферні опади знайти доволі складно. Також відзначу, що переважна більшість опрацьованої літератури походить з неглибоких горизонтів, наприклад, Ваєн і Грінстед у Данії, Банісвельд в Нідерландах та інші. Залишаються ще далекими від розв'язання проблеми поводження з відходами та їх складуванням у межах сміттєзвалищ Львівської області. Наявні дані свідчать про значну екологічну небезпеку таких відходів, що

накопичуються зараз у зонах об'єктів туристично-рекреаційного комплексу, про потребу їх складування, видалення та надійної утилізації, з метою охорони здоров'я населення і запобігання забрудненню довкілля, збереження рекреаційного потенціалу територій.

Моє дисертаційне дослідження виконане з метою екологічного моніторингу поширення шкідливих речовин на довкілля з території малих сміттєзвалищ розташованих в туристично-рекреаційній зоні Львівської області. Дослідження негативного впливу який несе в собі на територію на якій населення прагне здобути оздоровлення та відпочинок.

Метою – встановлення основних небезпечних складових, які знаходяться на території сміттєзвалищ, проведення моніторингу посезонного впливу на довкілля та, як саме впливає на туристично-рекреаційну зону у Львівській області та розробити систему заходів для зменшення ураження територій від негативних речовин, які потрапляють у довкілля.

Об'єктами дослідження є сміттєзвалища туристично-рекреаційного комплексу Львівської області, а саме Бронницьке та Бориславське (Дрогобицький район) і Стрийське сміттєзвалище.

Екологічний моніторинг поводження із побутовими відходами у межах туристично-рекреаційного комплексу.

Результати та висновки базуються на аналізі власних досліджень та літературних джерелах щодо екологічного стану сміттєзвалищ області. У процесі досліджень використовувалися такі методи: порівняльної екології, кількісної екології. Обробка результатів експериментів проводилась з використанням математичного програмування в пакеті MS Excel та Surfer.

Дослідження проводилися на базі двох лабораторій:

- Науково – дослідна лабораторія Екологічної безпеки (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності);

- TechnicalUniversityFreiburgAcademy (Лабораторія Фрайберзької гірничої академії);

В науково дослідній лабораторії ЛДУБЖД було виконано ряд досліджень на визначення фізико хімічного складу неорельєфу, фільтратів, складу талого снігу, токсичність неорельєфу за даними тест рослин.

В якості рослин індикаторів було використано ряд представників родини *Brassicaceae*: *Lepidium sativum* L., *Raphanus sativus* var. *Radicula* Pers., *Brassic napus* L. та *Sinapis alba* L.

Розвиток та енергію проростання насіння визначили у відповідності з державними стандартами: ДСТУ 4138 – 2002 і ДСТУ –2240-93.

Було відібрано 48 зразків субстрату з різних ділянок Броницького, Бориславського та Стрийського сміттєзвалищ. Ґрунтові зразки відбирались із усіх сторін горизонту, на глибині 10 см. В лабораторних умовах засівали по 10 насінин кожної із тест - рослин у чашки Петрі, закладали та знімали сіянці в один і той самий час. Дослід проводився при кімнатній температурі + 20°C і природньому освітленні у приміщенні лабораторії. Періодично проводився полив відстояною водою. Через 10 діб сіянці були вилучені з досліджуваних субстратів. Протягом досліду велося спостереження за низкою показників: кількістю пророщених екземплярів рослин у чашці Петрі, вимірювання довжини надземної частини рослини та вимірювання довжини кореневої системи (рис. 1)

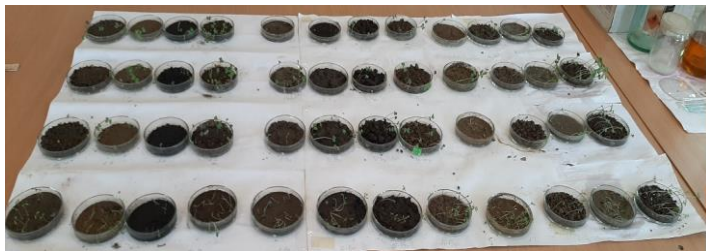


Рис.1. Зразки субстрату з пророщеними тест – рослинами (фото Король К.А., 2021 р.)

У відповідності до отриманих результатів можна розподілити досліджувані едафотопи за наступними групами: забруднення відсутнє – проростання насіння 90-100%; слабе забруднення – проростання насіння 60-90%; середнє забруднення – проростання насіння 20-60% і сильне забруднення – проростання насіння менше 20%.

Ступені забруднення субстратів, аналізували з кількості паростків досліджуваних рослин, які проросли. Враховувалась особливість, що при підвищеній концентрації забруднюючих речовин у субстратах сповільнюється проростання насіння та знижується інтенсивність фізіологічного розвитку сянців (рис. 2)



Рис.2. Пророщені рослини в субстраті перед початком замірів (фото Король К.А., 2021 р.)

В наслідок проведених лабораторних досліджень фітоіндикації субстратів Броницького, Бориславського та Стрийського сміттезвалищ тест-культурами – *Lepidium sativum* L., *Raphanus sativus* var. *radicula* Pers., *Brassic napus* L., *Sinapis alba* L. встановлено, що найбільш толерантним видом до техногенних забруднень є *Lepidium sativum* L. та *Sinapis alba* L. Оскільки ці види розвивається на досліджуваних субстратах усіх ділянок сміттезвалищ.

За отриманими даними щодо проростання *Lepidium sativum* L. на субстратах відібраних на Броницькому сміттезвалищі зі східного та західного боку проросло 60% посіяного насіння, з північного та південного боків – 70%. З субстратів Бориславського сміттезвалища проростання з західного боку становило – 80%, з південного та східного боків по 70%, з північного – 50% досліджуваних рослин. На Стрийського сміттезвалища – з східного боку проростання становило – 90%, з північного та західного боку – 70%, та південного – 80%.

Щодо отриманих даних *Sinapis alba* L., то з субстратів Броницького сміттезвалища зі східного та західного боків проросло по 60% насіння, а з північного та південного боку – 70%. З Бориславського сміттезвалища отримали проростання з західного боку – 80%, північного та східного боку по 70% та з південного – 50%. Щодо Стрийського сміттезвалища то отримані дані показали наступні результати: з північного та західного боків відбулося проростання – 70% насіння, з південного – 80% та з східного – 90%.

Для фітотестування сміттезвалищ рекомендуємо використовувати *Brassic napus* L. Цей вид найбільше реагує на рівень забруднення у поєднанні із вологістю субстрату в польових умовах. З отриманих даних щодо проростання на субстратах з Броницького сміттезвалища зі східного боку було зафіксовано 70%, з північного та південного боків –

50% та з західного – 40% посіяного насіння. З Бориславського сміттезвалища отримали проростання з східної сторони – 70%, з північного боку – 50%, західного боку – 40% та з південного – 60%. Щодо Стрийського сміттезвалища то отримані дані показали з північного та південного боку по 30% проростання, з західного – 50% та східного 40% пророщених висаджених паростків даного виду.

Нерівномірний ріст і розвиток таких фітосистем як *Raphanussativus* var. *radicula* Pers. Свідчить про фрагментальне забруднення сміттезвалищ необхідності проведення природньої фітомеліорації за рахунок рослин – фітомеліорантів (рудероценозів).

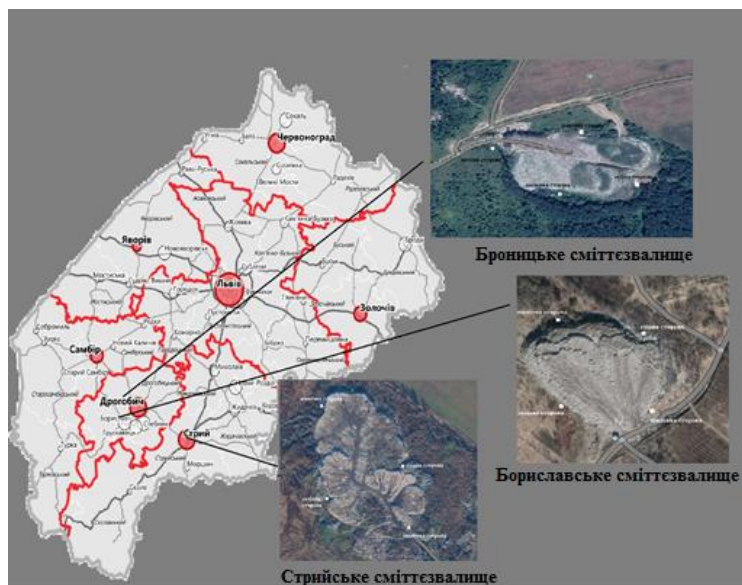


Рис.3. Карта Львівської області з зображеними дослідженими сміттезвалищами

За отриманими даними на субстратах з Бронницького сміттезвалища зі східного боку проросло 60% насіння, з

північного та південного боків – 70% та з західного – 50% посіяного насіння. Відповідно з Бориславського сміттєзвалища отримали проростання з північного та західного боку по 50% та з східного і південного по 40%. Щодо Стрийського сміттєзвалища то отримані дані показали з північного боку – 70% проростання, з західного – 60% та південного і східного по 50% пророщених висаджених паростків даного виду. З огляду на фітотестування найбільш техногенно забрудненими є субстрати даного сміттєзвалища.

У лютому 2021 року було відібрано чотири проби з кожного із перелічених сміттєзвалищ. Відбір проб був обумовлений геометричною конфігурацією звалищ. Забір снігу здійснювався біля підніжжя з усіх сторін горизонту. Об'єм кожної проби снігу у талому вигляді складав 1 дм³ рідини. Після танення снігу воду фільтрували.

За результатами порівняльного аналізу вмісту хімічних елементів у об'ємах води, які утворились з талого снігу зібраного на території сміттєзвалищ, було виявлено перевищення гранично-допустимих концентрацій лише деяких досліджуваних показників. Серед проаналізованих хімічних елементів виявлено хлориди, сульфати, нітрити, нітрати, фосфати, кальцій, магній, залізо та амоній, які можна вважати пріоритетними забруднювачами.

Аналізуючи вищенаведену інформацію, хімічний склад антропогенних опадів, які були опрацьовані з територій сміттєзвалищ туристично рекреаційного комплексу Львівської області можна сказати, що несуть не глобальну загрозу на довкілля. Проте нагромадження відходів на території збільшує ймовірність забруднення та нанесенню нищівної дії як для довкілля так і для людства в цілому, зважаючи на те, що це є території де зосередженні місця для відпочинку та оздоровлення.

Метеорологічні чинники у вигляді поширення вітру свідчать про переважаючі південно-східні на кожному, так як сміттєзвалища розташовані відносно не далеко одне від

одного. Тому фізико хімічні дослідження показали найвищі показники з південної та східної сторін сміттєзвалищ.

Відповідно до отриманих результатів було проведене цифрове моделювання показників сухого залишку, водневого показнику та ХСК, наявність яких в сніговому покриві зафіксована не була.

Щоб виправити ситуацію, що склалася з розповсюдженням та накопиченням компонентів, слід створити систему організації збору і сортування відходів, а також розробити найбільш ефективні способи переробки вторинної сировини. Серйозним кроком до вирішення проблеми утилізації і переробки ТПВ, являється зменшення його об'ємів.

В Technical University Freiburg Academy (Лабораторія Фрайберзької гірничої академії) у відповідності до програми «Наукова співпраця з Університетами країн, що розвиваються» проєкту «EcoMining: розробка інтегрованої програми аспірантів для сталої гірничо видобувної та природоохоронної діяльності» DAAD, було пройдено стажування.

Стажування проходило у вересні - жовтні 2021 року, у міст Фрайберг, що у Німеччині. Проводився комплексний аналіз на важкі метали за допомогою ICP-MS. Попередньо відібрані зразки ґрунту відібрані на досліджуваних ділянках готувалися для аналізу за допомогою лабораторного методу.

ICPMS - Мас-спектрометр з індуктивно - зв'язаною плазмою.

Мас-спектрометр з індуктивно-плазмою прилад для елементного аналізу, який покриває весь необхідний концентраційний діапазон вимірювань.

ICP-MS призначена для проведення рутинних аналізів в лабораторіях з великим потоком проб і вимагають максимальної продуктивності і надійності приладу.

У ICP-MS аналізі проби вводять у плазму у вигляді розчинів.

Раціональні схеми аналізу мають забезпечувати такі умови:

- повне вилучення елементів, що визначаються в дослідженій пробі; універсальність застосування до проб різного складу; можливість
- визначення багатьох компонентів;
- низький сигнал “холостої” проби, що особливо важливо під час визначення нанограмового вмісту елементів;
- відокремлення компонентів, що заважають визначенню;
- високу чутливість і відтворюваність результатів;
- використання стандартних зразків гірських порід, мінералів.

ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ

- попередньо підготовленого, просіяного та висушеного ґрунту (попередньо висушений при 900 градусах) додаємо до тубу у розмірі 10 грам зразку.

- Виділяємо з туба по 0,1 грама ґрунту з колби та додаємо кислоту:

0.9 мл 65% HNO_3 (нітратна кислота)+ 0.3 мл HCl (хлоридна кислота)

- Мікрохвильове індуковане спалювання відбувається за температури 200 градусів на протязі 1 години.

- По завершенні ми доводимо отриманий розчин з додаванням супер очищеної дистильованої води до об'єму 10 мл;

- Останнім етапом перед мас-спектральним аналізом є додавання 0.1 мл інтерна стандарту (pHRe) з супер очищеною дистильованою водою до 15 мл в туби.

Далі отриманий розчин, був відправлений до ICP-MS та отримані результати були опрацьовані з визначенням вмісту важких металів у неорельєфі.

З отриманих результатів ми отримали наступні дані по досліджуваним об'єктам, які розділили на токсичні, біогенні та ті, які містили сліди, які не впливають на ріст рослин (Таблиця 1).

Таблиця 1

Оцінка забруднення важкими металами ґрунтового покриву

Ступінь небезпеки	Елементи
Токсичні	Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb
Біогенні	Mg, Al, Si, P, K, Ca, Mn, Ga, As, La, U
Елементи, які містять сліди	Sc, Cr, Ge, Y, Sn, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th

Результати досліджень свідчать, що морфологічний аналіз ґрунтів досліджуваної території не виявив видимих ознак їх антропогенної зміни або порушення.

Для покращення стану пірогенних територій на досліджуваних об'єктах потрібно виправити ситуацію, що склалася з розповсюдженням та накопиченням компонентів, слід створити систему організації збору і сортування відходів, а також розробити найбільш ефективні способи переробки вторинної сировини. Серйозним кроком до вирішення проблеми утилізації і переробки ТПВ, являється зменшення його об'ємів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баб'як Н.М. «Забруднення Агро екосистем західного Полісся важкими металами техногенного походження», - дисертація на здобуття наук. Ступеня к.с-г.н.-Львів, 2004. – 142 с
2. Кухнюк О.В. Агробіологічні умови формування врожайності овочів і картоплі у Правобережному Лісостепу України.
3. Наказ Міністерства охорони здоров'я від 14 липня 2020 року № 1595 Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 31 липня 2020 року №722/35005
4. Бубнов А.Г. Биотестовый анализ – интегральный метод оценки качества объектов окружающей среды: учебно

методическое пособие. ГОУ ВПО Иван. Гос. Хим.-технол. ун-т. Иваново, 2007. 112 с.

5. Валерко Р.А. Особливості біотестування антропогенно забруднених ґрунтів з метою їх еко токсичної оцінки. Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер.: Ґрунтознавство, агрохімія, землеробство, лісове господарство. 2013. № 2. С. 262-266.

6. Горова А.І., Павличенко А.В., Борисовська О.О., Ґрутова В.Ю., Деменко О.В. Біоіндикація. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт студентами напряму підготовки 6.040106 “Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування”. Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2014. 76 с.

7. Григорчук І.Д. Використання рослинних біоіндикаторів для оцінки токсичності ґрунтів на території м. Кам'янка-Подільського. Біологічні системи. 2016. Т. 8. Вип. 2. С. 212-218.

8. Гринчишин Н.М., Бабаджанова О.Ф., Соседко К.С. Фітотоксичність нафтозабруднених ґрунтів на прикладі крес-салату (*Lepidiumsativum*L.). Науковий вісник НЛТУ України. 2014. Вип. 24.10 С. 81-86.

9. Грицак Л.Р., Барна І.М., Кодлюк І.М., Сельська І.І., Сплавінська Ю.Т., Сукар Х.В., Барна С.С. Біоіндикаційні методи для потреб системного аналізу якості довкілля. Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені В. Гнатюка. Серія: Географія. 2017. № 2. С. 153-165.

10. Гродзінський А.М. Лікарські рослини: Енциклопедичний довідник. К.: Голов. Ред. УРЕ,1990. 544 с.

11. Губачов О.І. Особливості використання рослин для біотестування ґрунтів з метою визначення рівня екологічної безпеки промислових територій / О.І. Губачов //

Наук. Вісник КУЕІТУ. Нові технології. 2010. № 3 (29). С. 164-171.

12. Дідух Я.П. Основи біоіндикації. Київ: Наукова думка, 2012. 344 с.

13. Кубрина Л.В. Анализ токсической активности снеговых проб в серии первичного скрининга на растительной клетке (кресс-салата (*Lepidium sativum*)). Омский научный вестник №1 (104) 2011. С. 183–185.

14. Клименко М.О., Прищепа А.М., Клименко О.М., Стецюк Л.М. Оцінювання стану водних екосистем за показниками біотестування: Монографія. – Рівне: НУВГП, 2014 р. – 170 с.

15. Лисовицкая О., Терехова В. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения. Доклады по экологическому почвоведению. 2010. Т. 13, № 1. С. 1–18.

16. Никифоров В.В., Дігтяр С.В., Мазницька О.В., Козловська Т.Ф. Біоіндикація та біотестування. Кременчук: КрНУ, 2016. 100 с.

17. Попович В.В. Біоіндикація техногенних едафотопів Львівського міського сміттєзвалища за допомогою тесту на кресс-салат. Вісник ЛДУ БЖД, №13, 2016. С. 107–111.

18. Фартушна Д.М., Комарова І.О. Біоіндикація стану едафотопів м. Кривого Рогу за цитогенетичними показниками *Alliumsepa*L. Екологічний вісник Криворіжжя. 2018. вип. 3. С. 55-58.

19. Маячкина Н. В., Чугунова М. В. Особенности биотестирования почв с целью их экотоксикологической оценки. Вестник Нижегород. ун-та им. Н. И. Лобачевского. 2009. № 1. С. 84–93.

20. Карпинский А. П. Могут ли живые растения быть указателями горных пород и формаций, на которых они встречаются...? Журн. садоводства. 1841. № 3. С. 67-72.

21. Trends in Solid Waste Management. The World Bank. URL: https://datatopics.worldbank.org/whatawaste/trends_in_solid_waste_management.html

22. Попович В.В. Поводження із твердими побутовими відходами (вітчизняний та зарубіжний контекст). Комунальне господарство міст: науково-технічний збірник. 2012. № 105. С. 476–482.

УДК 614.841.2

**МЕТОДИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У СФЕРІ
ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ШВЕЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ**

Адольф І. І., Товарянський В. І., ст. викладач, канд. техн. наук (Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

Для розвитку наукового пізнання у сфері пожежної безпеки характерно не лише розширення кола розв'язуваних теоретичних і практичних завдань, але й посилення уваги до способів і методів науково-технічної діяльності. Одержання очікуваного результату залежить від вихідної теоретичної позиції, від принципового підходу до постановки проблеми й визначення шляху дослідницького пошуку.

У науково-технічному дослідженні, яке спрямоване для вирішення завдань, що стосуються сфери пожежної безпеки доцільно виділити два основних етапи пізнання: теоретичне та емпіричне.

При теоретичному найчастіше застосовуються ідеалізація, утворення понять, абстрагування, побудова гіпотез, моделей, теорій.

Емпіричне дослідження засноване на спостереженнях, експериментах й опирається на дані досвіду.

Доволі часто теорію протиставляють емпірії. Проте дане протиставлення не є доцільним, тому що теоретичні передбачення мають такий же імовірнісний, а не достовірний характер, як і передбачення, що опираються на емпіричні узагальнення. При цьому, кінцевим завданням пізнання є генерування не окремих понять, гіпотез, або навіть не відкриття відособлених законів, а побудова єдиної, концептуальної системи, завдяки якій досягається більш відповідне й цілісне відображення певної сфери дійсності.

Розвиток будь-якої науки в значній мірі залежить не тільки від використання досконалих методів дослідження, але й від різноманітності видів дослідження.

Але на сьогодні не існує чітко встановленої класифікації видів і методів наукового дослідження. Тому дамо загальне уявлення щодо їхньої класифікації.

Спочатку розглянемо види наукових досліджень.

За масштабом розв'язуваних проблем і цілей дослідження розрізняють фундаментальні й прикладні дослідження.

Під фундаментальними дослідженнями розуміються такі, що ставлять за мету розкрити й описати нові, невідомі явища й процеси в природі і суспільстві, дослідити їхній механізм і закони, що керують ними, розкрити глибинні зв'язки між ними. Фундаментальні дослідження виявляють закони й закономірності процесів, явищ, вибудовують загальнотеоретичні концепції, методологію вони створюють теоретичну базу для прикладних досліджень.

Деякі автори виділяють два види фундаментальних досліджень: пошукові й тематичні. Пошукові або вільні - це ті фундаментальні дослідження великої, але ще мало дослідженої проблеми. До тематичних фундаментальних (або цільових) відносяться такі дослідження, у яких метою є рішення конкретної, більш вузької проблеми.

Прикладні дослідження - це такі дослідження, призначення яких - реалізувати результати фундаментальних досліджень у практичній діяльності. Прикладні дослідження вирішують вузькоспеціальні теоретичні й практичні завдання. Предмет прикладних досліджень окреслений вузкими рамками і спрямований на практичний результат.

Прикладні дослідницькі роботи також підрозділяються на два види: телонічні (від гр. *telos* - кінець, ціль), тобто, цільові й тематичні, або суб'єктивні. Як приклад телонічного дослідження, можна привести дослідження, пов'язані із вдосконаленням процесів гасіння пожеж, що вимагають

використання фундаментальних досягнень багатьох наук: математики, фізики, хімії, психології [1].

Метою роботи є проведення огляду наукових методів, що застосовувались під час проведення досліджень у сфері забезпечення пожежної безпеки швейних підприємств.

В науковій роботі [2] з метою обґрунтування актуальності проблеми та доцільності проведення наукових досліджень у сфері забезпечення пожежної безпеки швейних підприємств використано методи аналізу, синтезу, порівняння. З допомогою цих методів опрацьовано статистику пожеж, досліджено особливості розташування швейних підприємств, опрацьовано нормативні документи в галузі пожежної безпеки швейних підприємств, виявлено зміну кількості працівників швейних підприємств.

Досліджуючи статистику пожеж встановлено, що пожежі швейних підприємств виникають з доволі високою частотою не тільки на території України, але і за її межами. Найбільш кричущим випадком за межами України є пожежа, яка виникла 11 вересня 2012 року на швейній фабриці в місті Карачі, Пакистан. Внаслідок даної пожежі загинуло більше 200 осіб. Горіння виникло у вечірню пору доби. Багато вцілілих людей зазнавали травм бо були змушені вистрибувати через вікна. Недостатня кількість евакуаційних виходів та заграбовані вікна негативним чином вплинули на процес евакуації [3].



Рис.1. Процес ліквідації та наслідки, спричинені пожежею швейного цеху.

24 листопада 2012р. в Бангладеш, м. Дакка також у вечірню пору виникла пожежа в багатоповерховій виробничій будівлі швейної фабрики. Внаслідок пожежі загинуло понад 100 людей. Ймовірною причиною виникнення даної пожежі стало коротке замикання електромережі [4].

03 січня 2017 року виникла пожежа у м. Львів по вул. Олени Степанівни, 45 в будівлі заводу «Електрон», внаслідок чого вогнем знищено готову продукцію, сировину, виробниче обладнання на площі 2500 м²[5].

Що стосується пожеж у поточному році, то слід зазначити що 21 квітня 2022 року у м. Хмельницький по вул. Трудова, виникла пожежа у швейному цеху, яка поширилась на площу 65м². Першопочатковим місцем виникнення займання є електрощитова [6].

Отже, не зважаючи на наявність нормативної бази та різноманітних технічних засобів та організаційних рішень спрямованих на запобігання виникненню та поширенню пожеж, проблема виникнення пожеж на швейних підприємствах залишається актуальною, а завдання з її вирішення потребує проведення подальших наукових досліджень.

Дослідивши кількість працюючого персоналу та підприємств швейної промисловості встановили, що дана галузь промисловості є одною з найбільших в Україні і у виробничий процес швейної продукції залучено десятки тисяч людей та підприємств, що є маркером доцільності постійного контролю та вдосконалення рівня пожежної безпеки в галузі з метою збереження життя та здоров'я працюючого персоналу, збереження та примноження робочих місць. На рис. 2 відображено зміну кількості підприємств та працівників в період з 2010 по 2019 роки.

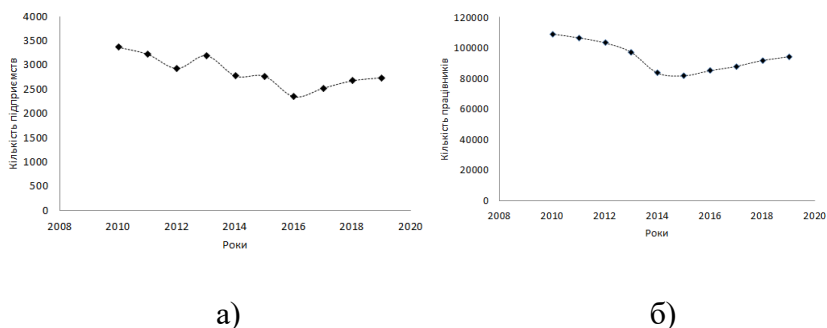


Рис.2. Зміна кількості підприємств (а) та працівників (б) в період з 2010 — 2019 рр.

Основним завданням швейних підприємств є забезпечення ринку широким асортиментом текстильних виробів, одягу та іншої швейної продукції. Враховуючи значну кількість працюючого персоналу даних підприємств, виробничі процеси повинні бути безпечними.

З метою підвищення рівня пожежної безпеки швейних підприємств в роботі [7] автор досліджувала особливості застосування методу термогравіметрії для здійснення подальшої оцінки пожежонебезпечних властивостей матеріалів з текстилю. Автором встановлено, що аналіз з використанням термогравіметрії дозволяє визначати температуру, при якій досягається найбільша швидкість термічного розкладу бавовняної та лляної целюлози. Визначалась також відсоткова втрата маси дослідного зразка, що знаходився під тепловим впливом. Проте автор у своїх дослідженнях не враховувала особливостей застосування обладнання підвищеної продуктивності, систем автоматизованого проектування одягу, машин-напівавтоматів, поточкових ліній, агрегованих робочих місць, під час якого виникають пожежонебезпечні чинники.

Під час дослідження проблематики пожеж підприємств швейної промисловості, необхідно відмітити, що особливості технологічних процесів безпосередньо впливають на процеси виникнення й поширення горіння.

В науковій роботі [8] автори досліджували ефективність вогнезахисного оброблення текстильних матеріалів в залежності від їх функціонального призначення. Встановлено залежності впливу складу матеріалу та густини на лінійну швидкість поширення полум'я поверхнею, проте в даній роботі без розгляду залишилось питання пожежної небезпеки технології виробництва швейної продукції, котра безперечно має важливе значення.

Технологічний процес виготовлення швейної продукції можна представити наступними етапами: створення моделі; розробка конструкції; підготовка і розкрій; пошиття виробів; кінцеве оброблення; контроль якості; складування та зберігання.

Зазначимо, що технологічний процес виробництва одягу або текстильної продукції здійснюється за етапами, які залежно від встановленого порядку, виконуються в окремих цехах, зокрема експериментальному, підготовчому, розкрійному та швейному.

В науковій роботі авторами [9] досліджено проблемні питання виникнення пожеж у виробничо-складських приміщеннях. Отримано математичні моделі для визначення пожежних ризиків для виробничо-складських об'єктів промислових підприємств закритого, напівзакритого і відкритого типів, які дозволяють на їх підставі розробити методологію визначення достатньої кількості протипожежних засобів.

Досліджуючи виникнення пожеж підприємств швейної промисловості встановлено, що такі пожежі можуть виникати від наступних найбільш поширених в даному випадку причин:

- порушення протипожежних інструкцій та правил внутрішнього розпорядку підприємства;
- нехтування правилами експлуатації електрообладнання та електричних мереж;
- розряди атмосферної і статичної електрики;
- порушення правил експлуатації вентиляційного і пневматичного обладнання;

– порушення технологічних режимів роботи обладнання;

– застосування режимів теплової обробки матеріалів та виробів без урахування їх властивостей пожежної небезпеки;

Дослідивши нормативні документи у сфері пожежної безпеки встановили, що більшість опрацьованих документів регламентують дотримання норм та вимог пожежної безпеки не тільки для швейних підприємств, але і для будинків та споруд іншого призначення та галузей промисловості. Таким чином виникають достатні підстави для розроблення технічних рішень та документів, що стосуються виключно підприємств швейної промисловості.

Отже, проведеним аналізом стану протипожежного захисту швейних підприємств встановлено необхідність проведення подальших наукових досліджень, спрямованих на виявлення найбільш перспективних напрямків підвищення рівня забезпечення їх пожежної безпеки.

При проведенні експериментальних досліджень відображених у науковій роботі [10] застосовано методи аналізу, термометрії та регресійного аналізу. Під час постановки проблеми теоретично дослідили асортимент наявних тканин, виявили, що в залежності від походження волокон тканини поділяються на природні, штучні, синтетичні.

На підставі проведеного аналізу наукових досліджень, представлених у [11-13], встановлено, що авторами тканини розглядаються в основному як матеріали призначені для облицювання для внутрішнього простору приміщень.

Разом з цим, у всіх вище зазначених наукових працях як спосіб підвищення пожежної безпеки пропонується зменшення величин горючості та займистості тканин, проте не достатньо проведено досліджень пов'язаних з виявленням найбільш небезпечних з точки зору пожежної безпеки тканин та не досліджували впливу процентного співвідношення складових компонентів на температури займання та самозаймання. Це дозволяє стверджувати, що проведення наукових досліджень пожежонебезпечних властивостей бавовняних тканин є актуальними, та сприятиме більш

якісному вибору, застосовуванню та вдосконаленню заходів спрямованих на запобігання пожеж підприємств швейної промисловості.

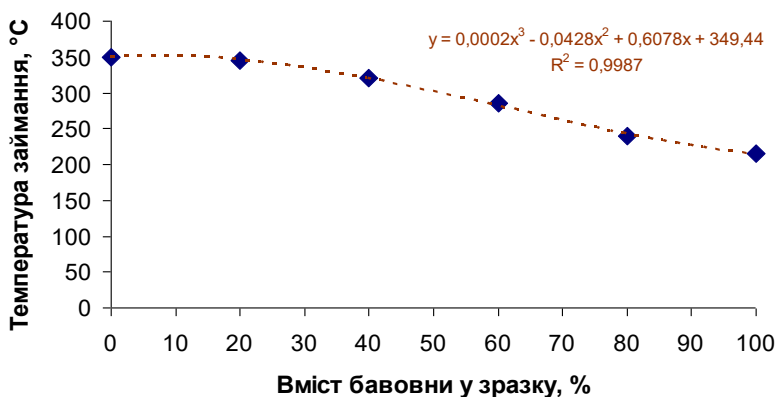
З метою виявлення найбільш пожежонебезпечних тканин, а також інших складових пожежної навантаги, які можуть застосовуватись в технологічних процесах швейних виробництв, необхідно досліджувати їх пожежонебезпечні показники. Найбільш важливими показниками пожежної небезпеки речовин і матеріалів є температури займання та самозаймання [14]. Відповідно, пожежна небезпека речовин збільшується поруч із зниженням температур займання та самозаймання.

В [14] визначено температури займання деяких тканин та матеріалів, в тому числі тканин, які найчастіше використовуються у технологічних процесах швейних підприємств. Встановлено, що найнижча температура займання характерна для бавовни. Також, в процесі теоретичних досліджень виявлено, що найчастіше швейна продукція містить волокна бавовни та поліестеру із значним різноманіттям відсоткового вмісту як бавовни так і поліестеру [15]. Це дає підстави для проведення експериментальних досліджень температури займання та самозаймання для бавовняних тканин з різноманітним відсотковим складом.

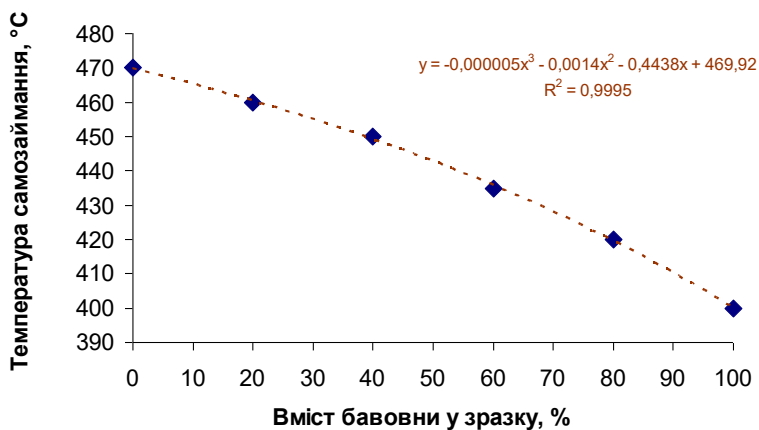
Експериментальні дослідження проводились на базі науково-дослідної лабораторії пожежної безпеки ЛДУБЖД згідно вимог [16]. Досліджувані зразки формували з бавовни (100%) та поліестеру (100%). Для зручності укладання зразки тканин подрібнювали. Суміші тканин отримували шляхом змішування бавовни та поліестеру таким чином, щоб відсотковий склад бавовни у них становив від 0% до 100%, відповідно, де за 0% бавовни прийнято подрібнену тканину поліестеру (100%). Додатково, відповідно до [16], досліджували температури займання і самозаймання неподрібнених зразків з бавовни та поліестеру.

За результатами досліджень отримано залежності температур займання та самозаймання від відсоткового вмісту бавовни у зразку, встановлено, що зі зростанням

вмісту бавовни температури займання і самозаймання знижуються. При цьому температури займання і самозаймання змінювалися в межах від 215°C/400°C при 100%-му вмісті бавовни до 350°C/470°C при 0% бавовни. Отримані залежності найкраще відображують поліноміальні моделі 3-тього степеню, відображені на рис. 4.



а)



б)

Рис.4. Залежності температур займання (а) та самозаймання (б) від відсоткового вмісту бавовни у зразку.

Отримані регресійні моделі дають змогу визначати температури займання і самозаймання для зразків із різним відсотковим вмістом бавовни в діапазоні значень, що різняться з експериментальними.

Зауважено, що температури займання/самозаймання для тканин з подрібненою структурою є нижчими на 8,5%/4,78% (бавовняна тканина) і 2,8%/6% (поліестер) порівняно із значеннями, отриманими для цілісних тканин, що пояснюється особливостями процесів розкладу та окиснення.

Отримані значення температур займання та самозаймання для тканин з бавовни та поліестеру доцільно використовувати під час проведення заходів спрямованих на забезпечення пожежної безпеки швейних виробництв.

Отже, в даній роботі на основі опублікованих наукових статей в сфері забезпечення пожежної безпеки швейних підприємств відображено приклади застосування різних методів наукових досліджень, які можна віднести як до теоретичних так і до емпіричних.

Висновки:

У представлених наукових дослідженнях методи аналізу та порівняння застосовували для написання оглядової статті, в якій дослідили проблематику пожеж швейних підприємств, опрацювали нормативні документи, що використовуються у цій сфері, дослідили стан наукових досліджень в даній галузі, актуалізували доцільність проведення подальших досліджень для підвищення рівня пожежної безпеки швейних підприємств.

Емпіричні методи, такі як спостереження, термометрія та регресійний аналіз застосували під час проведення експериментальних досліджень, пов'язаних із виявленням пожежонебезпечних властивостей тканин, що обертаються в технологічних процесах швейних підприємств.

Вище вказані методи є актуальними та придатними для застосування на ранніх стадіях, під час яких виявляються

напрямки актуальних досліджень, проте для виявлення більш складних закономірностей впливу різних факторів перспективними є математичне та комп'ютерне моделювання у синтезі з іншими методами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грабченко А.І., Федорович В.О., Гаращенко Я.М. Методи наукових досліджень: Навч. посібник. – Х.: НТУ "ХП", 2009. – 142 с.
2. Адольф, І. І., Гаврилюк, А. Ф., Товарянський, В. І. (2020). Аналіз стану протипожежного захисту підприємств швейної промисловості. *Пожежна безпека. 2020. №37. С. 5-10*. DOI: 10.32447/20786662.37.2020.01.
3. Від пожежі на пакистанській фабриці загинули понад 200 людей [Електронний ресурс]. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/politics/2012/09/120912_karachi_fire_ko (дата звернення 30.03.2022).
4. Пожежа на фабриці у Бангладеш: понад 100 загиблих [Електронний ресурс]. URL: https://www.bbc.com/ukrainian/politics/2012/11/121125_bangladesh_fire_hk (дата звернення 30.03.2022).
5. У Львові горіло приміщення заводу «Електрон». [Електронний ресурс]. – URL: https://zaxid.net/u_lvovi_gorilo_primishhennya_zavodu_elektron_n1414343 (дата звернення: 23.10.2020).
6. На Трудовій горів швейний цех. [Електронний ресурс]. – <https://vsim.ua/Podii/na-trudoviy-goriv-shveyniy-tseh-11582245.html> (дата звернення: 23.10.2020).
7. Циркіна О. Г. Оцінка пожежонебезпечних властивостей текстильних матеріалів із природних целюлозних волокон. *"Сучасні проблеми цивільного захисту"*. 2019. № 3(32). С. 81–88.

8. Пушкаренко А. С., Чернуха А. А. Зниження займистості текстильних і паперових матеріалів шляхом обробки вогнезахисними складами. Збірник наукових праць УГЗУ. 2008. Вип. 24. С. 140–143.

9. Гуліда Е. М., Коваль О. М., Шарий В. В. Забезпечення протипожежного захисту виробничо-складських об'єктів промислових підприємств з урахуванням пожежного ризику. *Пожежна безпека: Зб. наук. праць*. ЛДУ БЖД. Львів, 2019. № 34. С. 28–34.

10. Товарянський В. І., Адольф І. І., Петровський В. Л. Дослідження температур займання і самозаймання тканин з бавовни та поліестеру. *Пожежна безпека: Збірник наукових праць*. ЛДУ БЖД. Львів, 2021, №38. DOI: 10.32447/20786662.38.2021.05.

11. Болодьян Г. І. Комплексний підхід до створення пожежобезпечних текстильних матеріалів та виробів: автореф. дис. канд. техн. наук. М. 2004. 22 с.

12. Сірко З. С., Стариш Є. А., Цірень Н. Л., Цапко О. Ю., Торчилевський Д. П., Кісіль Л. Л. Антипірення композиція для вогнезахисту целюлозовмісних матеріалів. Наукові доповіді НУБіП України. Київ, 2021. Вип. 1 (89). С. 1–7.

13. Осипенко Н. І., Колчева Д. В. Оцінювання якості декоративних тканин за показниками займистості. Збірник наукових праць "Товарознавство та інновації". ДонНУЕТ. Донецьк, 2009. Вип. 5. С. 108–117.

14. Баратов О. Н., Корольченко О. Я., Кравчук Г. Н. та ін. Пожеживибухонебезпечність речовин і матеріалів та засоби їх гасіння. Книжка 2. М., 1990. 384 с.

15. Гуралюк А.Г., Куштан Г.В., Нежур В. С. та ін. Товарознавство непродовольчих товарів. URL: https://comexpert.pto.org.ua/index.php?option=com_k2&view=item&layout=item&id=1373&Itemid=102 (дата звернення 11.03.2021).

16. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. Вид. офіц. Київ : ДП УкрНДНЦ, Київ, 2020. 75 с.

УДК 544.723.2

ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД ВІД ВАЖКИХ МЕТАЛІВ СОРБЕНТАМИ З ПРИРОДНИХ МІНЕРАЛІВ

*Конанець Р.М. Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності*

При недостатньому очищенні стічних вод іони важких металів, потрапляючи у водойми і підземні горизонти, негативно впливають на організми і рослини, накопичуються в них. Ось чому проблема очищення промислових стоків і підготовки води для технічних і господарсько-питних цілей з кожним роком набуває все більшого значення.

Методи очистки вод є серйозним питанням сьогодення і пошук оптимальної моделі, за допомогою якою було б можливо зменшити навантаження на навколишнє середовище, триває, адже потрапляючи у водойми важкі метали потрапляють у донні відкладення і створюють наново загрозу для вторинного забруднення. Даний кругообіг впливає на кожен елемент середовища.

В даний час в числі основних і небезпечних забруднювачів об'єктів навколишнього середовища, зокрема водного середовища, у великих індустріальних центрах все частіше розглядають хімічні елементи з атомною масою понад 50 і їх сполуки – це солі (або іони) важких металів. Забруднення важкими металами водного середовища спостерігається на постійній основі і пов'язано це з тим, що використання важких металів характерне значній кількості видів людської діяльності як промислового, так і побутового рівнів.

В даний час очищення стічних вод різних виробництв є актуальною у зв'язку з наростаючим зростанням

антропогенного навантаження на навколишнє середовище. Іони важких металів є одними з найбільш поширених забруднювачів навколишнього середовища, які призводять до зміни фізико-хімічних властивостей стічних вод, порушують процеси біологічного самоочищення водойм, впливають на стан здоров'я людини і живих організмів [3, 4]. Відомі способи очищення стічних вод від іонів важких металів засновані на колоїдно-хімічних процесах флокуляції, адсорбції, осадження і т.д. Однак більшість з них є дорогими, складними у використанні, орієнтуються на імпортне обладнання і дефіцитні реагенти. У зв'язку з цим особливий інтерес представляють недорогі і ефективні способи очищення стічних вод, засновані на використанні відходів промисловості і місцевої сировини як сорбенту [5-8].

Серед широкого вибору відомих методів очистки сорбція зарекомендувала себе як оптимальний варіант. Важливою особливістю сорбційних методів є те, що вони дозволяються ефективно вилучати важкі метали як при значних, так і малих концентраціях. Залежно від механізму взаємодії існують такі типи сорбційних процесів, а саме: адсорбція екстракція, іонний обмін, осадження. Найоптимальнішим в економічному плані є вибір в ролі сорбентів таких глинистих мінералів як вермикуліт, глауконіт, монтморилоніт чи палигорськіт [1, 2].

Адсорбція це процес, що широко використовується для видалення забруднень із стічних вод. Для проектування процесу адсорбції та його подальшої ефективної роботи необхідно встановити параметри рівноважного стану процесу з метою подальшого їх застосування у кінетичних та масообмінних моделях. Ці моделі можуть бути використані для прогнозування ефективності процесів адсорбційного очищення за різних робочих умов.

Основна мета даного дослідження полягає у встановленні типу ізотерм, що найкращим чином описують досліджуваний процес на заданому матеріалі.

Науковцями було досліджено очищення водних систем від надлишку фосфатів за допомогою бентоніту, активованого надвисокочастотним випромінюванням [9]. Наявні біологічні методи очищення стічних вод не дають змоги досягти необхідного ступеня очищення від сполук фосфору, а загальновідомі фізико-хімічні методи показують доволі гарні результати за ступенем очищення, однак потребують значних витрат (Zapolskyi et al., 2000). З огляду на це проблема видалення сполук фосфору із стічних вод на сьогодні не має оптимального вирішення та потребує додаткових досліджень. Окреме місце у цьому напрямі відведено застосуванню природних глинистих матеріалів (зокрема бентоніту) як дешевих, але ефективних сорбентів. Метою даної роботи було вирішення цього питання, а саме – вивчення сорбційних параметрів бентоніту за фосфатіонами з використанням більш концентрованих робочих розчинів та змінених методик опромінення сорбенту мікрохвилями.

Як видно з отриманих результатів, "пряме опромінення" бентоніту мікрохвилями в процесі сорбційного очищення ним водних розчинів від фосфат-іонів збільшує сорбційні характеристики цього матеріалу в декілька разів. На нашу думку, мікрохвильове опромінення суспензії сприяє набагато інтенсивнішому, ніж просто теплове, перемішуванню, та виникненню біля поверхні сорбенту складних багатофазних композицій: молекули води, фосфат-іони, гідроксид-іони, силікат-іони, іони металів, частково вивільнені з алюмосилікатного каркасу тощо. З такого набору субмолекулярних часток дуже ймовірно є утворення нової кристалічної фази, адже багато фосфатів металів є важкорозчинними. У процесі "прямого опромінення" суспензії, біля поверхні сорбенту в короткі моменти часу

створюються саме такі сприятливі умови, коли у певних мікрооб'ємах розчину виникає той же хімічний склад і наближена псевдокристалічна будова (метафаза), які відповідають за складом і будовою майбутній твердій речовині (наприклад, зародку нерозчинного фосфату). Саме мікрохвилі можуть надати цим дуже динамічним субмолекулярним системам додаткову енергію для подолання активаційного бар'єру і переходу зі стану метафази у початковий мікрозародок кристалу. Внаслідок такої мікрокристалізації фосфат-іони виводяться з розчину не тільки за рахунок "класичної" фізичної адсорбції у вигляді моношару на поверхні мікропор у кристалах бентоніту, а й за рахунок новоутворених мікрокристалів нерозчинних фосфатів металів (наприклад, алюмінію, кальцію або магнію). Це й призводить до різкого зростання сорбційних параметрів бентоніту за фосфат-іоном у серії "прямого опромінення". Безсумнівним є вплив температури розчину на процес сорбції. Однак експериментально дослідити залежність сорбційних параметрів опроміненого бентоніту від температури суспензії на сучасному етапі не можливо через те, що сама суспензія сильно нагрівається у процесі мікрохвильового опромінення. Подібна ситуація виникає, якщо спробувати експериментально вивчати залежність параметрів сорбції фосфат-іонів на опроміненому бентоніті від рН розчину.

У дослідженні науковців щодо адсорбції іонів Купруму бентонітом під дією НВЧ випромінювання [10] представлено результати вивчення зміни поверхневої структури бентоніту під впливом прямого НВЧ-опромінення під час адсорбції Cu^{2+} із концентрованих розчинів за допомогою рентгенофазового та енерго-дисперсійного аналізів. Було доведено, що НВЧ-опромінений бентоніт володіє підвищеною адсорбційною здатністю щодо іонів Купруму за рахунок розвинутої структури пор та деяких особливостей

механізму адсорбції. Нелінійне моделювання експериментальних даних в рамках теоретичних моделей ізотерм продемонструвало, що адсорбція нативним бентонітом відповідає моделі Тота, а опроміненім – моделі Ленгмюра-Фрейндліха. Таке моделювання дає змогу передбачити максимальну адсорбційну здатність, що складає 44,8 мг/г. Результати рентгенофазового та мікроструктурного аналізів опроміненого зразка після адсорбції свідчать про утворення мікрочастинок окремої сполуки Купруму. Адсорбція на опроміненому зразку протікає не тільки в мономолекулярному шарі, а переважачим механізмом є поверхнево-індуковане співосадження іонів міді у складі мікрочастинок окремої сполуки.

Внаслідок проведення рентгенофазового та мікроструктурного аналізів опроміненого зразка після адсорбції було виявлено утворення мікрочастинок окремої сполуки Купруму. Адсорбція на опроміненому зразку відбувається не тільки в порах, а переважачим механізмом є поверхнево-індуковане співосадження Купруму у формі мікрочастинок окремої сполуки. Доведено, що НВЧ-опромінений бентоніт володіє більшою адсорбційною ємністю щодо іонів Купруму за рахунок розвинутої структури пор. Нелінійне моделювання експериментальних даних в рамках теоретичних ізотерм показала, що адсорбція природного бентоніту найкраще описується ізотермою адсорбції Тота, тоді як поглинання на опроміненому зразку – моделлю ізотерми Ленгмюра-Фрейндліха. Моделювання ізотерм дає змогу передбачити максимальну адсорбційну ємність, що у випадку НВЧ-опроміненого зразка складає 44,8 мг/г. НВЧ-опромінений зразок виявляє високу адсорбційну ємність щодо купруму і, таким чином, є перспективним матеріалом для очищення стічних вод. Стимуляція НВЧ є вигідною порівняно з хімічним модифікуванням, оскільки не вимагає

додаткових реагентів та встановлення додаткової стадії обробки.

Цеоліти – це поширені матеріали, які використовуються в різних хімічних процесах та промисловості. Цеоліти мають унікальні структурні особливості пор, яким характерна специфічна щільність, що демонструє хороші показники у ефективності очищення розчинів від домішок [11]. Характеристики цеолітових матеріалів дають змогу змінювати та розширювати їх сорбційні властивості за рахунок модифікування, що істотно підвищує ефективність видалення та селективність поглиначів, а також сприяє одночасному видаленню декількох забруднюючих речовин [13]. У порівнянні з іншими наноматеріалами, перевага цеолітів у їх доступності та низькій вартості [14].

За рахунок оновлення, модифікування та реалізації новітніх рішень у методах очистки стічних вод загалом, вдається зробити цей процес доступнішим та ефективнішим, у зв'язку з чим питання модифікування та вивчення даного аспекту не втрачає актуальності. Таким чином з оновленням технологій з'являється можливість вирішити одну із світових проблем, таку як забруднення вод світового океану в цілому. Впровадження технологій у промислові процеси має сприяти не лише очищенню стічних вод, а також надавати можливість оптимізації процесів та створювати умови для зниження рівня забрудненості вод до допустимого [15].

Для очищення стічних вод використовуються різні технології. Їх застосування залежить від природи домішок та якості очищення. Основні методи розділені на дві групи, а саме: активна і пасивна очистка. Відтак до пасивних методів відноситься відстоювання, адсорбція, активними вважаються ті, де необхідно застосування енергії та додавання хімікатів, ці дві групи в свою чергу розділяються за більш вузькими характеристиками. Нижче більш детально розглянемо сучасні методики.

В той же час процес видалення іонів міді, нікелю, кобальту та заліза природним цеолітом Ягоднинських родовищ (Камчатська область) з водних розчинів у діапазоні концентрацій 0,5-3,5 мг-екв/л показало, що цеоліти Ягоднинського родовища складаються з Na-кліноптилоліту (23,0 %), Са-кліноптилоліту (52,1 %) та модерніту (12,9 %). Встановлено, що обмінними катіонами природного цеоліту Ягоднинських родовищ, Камчатська область є натрій, кальцій, калій і магній. Відповідно до результатів визначено, що природний цеоліт можна використовувати як ефективний сорбент для вилучення іонів Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} та Fe^{2+} із стічних вод [16].

Основними забрудниками, які вилучаються з вод за допомогою біологічних методів є фосфати, нітрати. Метод очистки складається з етапів, на кожному з яких вилучаються ті чи інші сполуки. Питання біологічної очистки вивчається та дослідники постійно працюють над її удосконаленням. Відповідно одним із важливих моментів є необхідність повторної доочистки забруднених вод, адже після проходження всіх етапів не вдається досягти бажаного ступеня очищення. Наприклад, при дослідженні процесу очищення від ванадію біологічними методами було встановлено, що він майже не розкладається у заданих умовах, тому даний вид очистки не є універсальним, але в свою чергу є досить складним для реалізації та високовартісним.

Для стічних та інших забруднених в промислових стоків використовуються хімічні методи очищення. Їх реалізація передбачає додавання хімічних реагентів, та в подальшому відокремлення осаджених твердих частинок від води. Зазначимо, що здебільшого процес хімічної очистки поєднується з процесом флотації, в якому за рахунок утворення бульбашок забрудники приєднуються до кисню та відділяються від рідини. Однак необхідна ефективність

очищення досягається лише при повторному доочищенні або при комбінуванні хімічного методу з біосорбцією. Недоліком даного рішення є необхідність великих витрат на великі площі, де має проходити процес та необхідність вирішення проблеми з утвореним осадом [17].

Процес іонообміну застосовується для видалення іонних забруднень з промислових, стічних та підземних вод. Даний метод передбачає застосування аніонітів і катіонітів або іонообмінних мембран, які приєднують до себе і відділяють забрудники. Проблема даного методу полягає у тому, що наявність у воді біологічного забруднення та ряду інших домішок, перешкоджає даному процесу, а як відомо, переважно всі забруднені води мають в собі ряд поліютантів різного походження. По причині неуніверсальності даний метод не можливо вважати оптимальним.

Авторами [18] було проведено модифікування цеолітових глин взятих з родовищ Ірану. Відтак цеолітовий матеріал з частинками розміром від 50 до 100 нм перемелювали, промивали дистильованою водою, нагрівали протягом 24 годин, активували кислотами та лугами, після чого знов промивали дистильованою водою, висушували повітрям та атмосферним азотом.

Було виявлено що при модифікуванні за рахунок кислот покращується адсорбційна здатність і відповідно залізо вилучається ефективніше, в той же час при модифікуванні лужними або сольовими розчинами збільшується площа поверхні, але сорбційна здатність щодо металів є нижчою, ніж при використанні кислот.

Відповідно до отриманих результатів встановлено, що адсорбційна здатність модифікованого кліноптилоліту покращується з часом. Важливо зазначити, що саме кислі умови сприяють кращому очищенню від заліза. Автори також зазначають, що найкращими умовами для адсорбції є температура атмосферного повітря 25 °С, рН 6,5, час

контакту 48 годин, ступінь очищення при цьому сягає 97,97% [18].

При визначенні адсорбційних властивостей клиноптилоліту з Сербії щодо Cs^+ , Co^{2+} та Sr^{2+} змінювали тривалість контакту сорбенту і забрудненої речовини, рН, та кількість ЕДТА. Визначено, що при діапазоні рН 3–12 адсорбція Cs^+ залишається майже постійною, тоді як при низькому рН (2–3) адсорбційна здатність зменшується. При початковому діапазоні рН 2–10 адсорбція Sr^{2+} протікає стабільно, тоді як при початковому рН > 10 адсорбція значно зростає. Адсорбція Co^{2+} знижується зі зменшенням рН, але значно зростає із його збільшенням. На адсорбцію Cs^+ на клиноптилоліті не впливає наявність ЕДТА, тоді як присутність ЕДТА перешкоджає адсорбції Co^{2+} та Sr^{2+} на клиноптилоліті. [19] Для експерименту було взято клиноптилоліт промитий дистильованою водою, висушений при 105 °С та подрібнений. Для експерименту відбирали частинки розміром 200-250 мкм.

Під дією розчинами NaCl та HCl на клиноптилоліт [20] було проаналізовано здатність вилучення іонів Zn^{2+} . Експеримент було проведено використовуючи чотири зразки і виявлено, що обмінна ємність та ефективність видалення суттєво покращуються внаслідок модифікування. При температурі перемішування 90 °С було визначено найкращий результат поглинання домішок, що склав 99,7 %. За даними отриманими в результаті розрахунку рівняння ізотерми Ленгмюра та Фрейндліха довели, що потенціал природних та модифікованих клиноптилолітів як адсорбенту/іонообмінного матеріалу для видалення важких металів є суттєвим.

При модифікуванні клиноптилоліту розчином NaCl вивчали поведінку кадмію. Найбільш ефективним (99%) очищення було за таких умов: рН 6,3, час дії 309 хв, початкова концентрація Cd 79,41 мг/л і дозування

модифікованого клиноптилоліту 7,02 г/л. Ізотерми адсорбції добре вкладаються у модель Ленгмюра. Їх максимальна адсорбційна ємність при різних температурах є не меншою за 20 мг/л. Термодинамічне дослідження показало, що адсорбція Cd на модифікованому клиноптилоліті є потенційним методом для виготовлення ефективних і недорогих адсорбентів з природних ресурсів [21].

Отже, на сьогоднішній день найбільш актуальним питанням очистки стічних вод є ефективність та дешевизна процесу, чого можливо досягти, використовуючи різноманітні природні мінерали в якості сорбентів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Krishna G. Bhattacharyya, Susmita Sen Gupta. Adsorption of Co(II) from aqueous medium on natural and acid activated kaolinite and montmorillonite separation science and technology. 2007. № 42. P. 3391–3418.
2. Fonseca M., Oliveira M., Arakaki L., Espinola J., Airoldi C. Natural vermiculite as an exchanger support for heavy cations in aqueous solution. Journal of Colloid and Interface Science. 2005. Vol. 285, No. 1. P. 50–55. 162
3. P.B. Tchounwou et al., Experientia Suppl. 101, 133 (2012); https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6.
4. Popovych, A. Gapalo. Ecol. Eng. 22(5), 96 (2021); <https://doi.org/10.12911/22998993/135872>.
5. B. Kaźmierczak, J. Molenda, M. Swat, Environ. Technol. Innov. 23, 101737 (2021); <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101737>.
6. Y. Yuana, Zh. An, R. Zhang, X. Wei, B. Lai. J. Clean. Prod. 293, 126215 (2021); <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126215>.

7. E. Cerrahoğlu Kaçakgil, S. Çetintaş. *Sustain. Chem. Pharm.* 22, 100468 (2021); <https://doi.org/10.1016/j.scp.2021.100468>.
8. R. Jayasree et al., *Chemosphere* 285, 131502 (2021); <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131502>.
9. Концур А. З., Думас І. З., Сиса Л. В. Очищення водних систем від надлишку фосфатів за допомогою бентоніту, активованого надвисокочастотним випромінюванням. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2018, т. 28, № 7. С. 78–82.
10. К. Степова, Л. Сиса, А. Концур, О. Мякуш Адсорбція іонів Купруму бентонітом під дією НВЧ випромінювання. *ФІЗИКА І ХІМІЯ ТВЕРДОГО ТІЛА* Т. 21, № 3 (2020)
11. Liu R, Lal R. Nanoenhanced materials for reclamation of mine lands another degraded soils: a review. *J Nanotech.* 2012. P. 1–17.
12. Inglezakis LV, Grigoropoulou H. Effects of operating conditions on the removal of heavy metals by zeolite in fixed bed reactors. *J Hazard Mater.* 2004. Vol. 112. P. 37–43.
13. Bolortamir Ts, Mio T, Egashira R, Habaki H. Trivalent Chromium Adsorption on Mongolian Natural Zeolites in Tannery Wastewater Treatment Process. *International Workshop on Process Intensification 2008*. PB13, P. 180–181.
14. Eyde TH. *Zeolites, Minerals Eng.* 2010. P. 62–86.
15. Opeyemi A. Oyewo, Oluranti Agboola, Maurice S. Onyango, Patricia Popoola, Mookgadi F. Bobape. Current methods for the remediation of acid mine drainage including continuous removal of metals from wastewater and mine dump. *Bio-Geotechnologies for Mine Site Rehabilitation*. 2018. P. 103–114.
16. T.P. Belova. Adsorption of heavy metal ions (Cu^{2+} , Ni^{2+} , Co^{2+} and Fe^{2+}) from aqueous solutions by natural zeolite. *Heliyon*. Vol. 5 (9). e02320.

17. H. Kazemian, K. Gedikb and I. Imamoglu, In *Natural Zeollites* Bentham. Science Publishers. 2012. P. 473–508.

18. Amir Hossein Salimia, Ali Shamshirib, Ehsan Jaberib, Hossein Bonakdaric, Azam Akhbarid. Total iron removal from aqueous solution by using modified Clinoptilolite. *Ain Shams Engineering Journal*. 2021. Part of ISSN: 2090-4479.

19. I. Smičiklas, S. Dimović, I. Plećaš. Removal of Cs¹⁺, Sr²⁺ and Co²⁺ from aqueous solutions by adsorption on natural clinoptilolite. *Applied Clay Science* Vol. 35 (1–2). P. 139-144.

20. Semra Çoruh. The removal of zinc ions by natural and conditioned clinoptilolites. *Desalination*. 2008. Vol. 225 (1–3). P. 41–57.

21. Vinh D. Nguyen, Tho T. Pham, Valerie Vranova, Hoa T.H. Nguyen, Linh T.N. Nguyen, Xuan T. Vuong, Quy M. Bui. Removal of cadmium from aqueous solution using sonochemically modified clinoptilolite: Optimization and modeling. *Environmental Technology & Innovation*. 2020. Vol. 20. 101166.

УДК 621.833:621.7

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ

Великий Н.Р. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів

У роботі здійснено короткий аналіз можливостей компресійної піни. Проведено порівняння з повітряно-механічною піною, особливостей подачі та огляд систем для генерування компресійної піни.

Ключові слова: *Компресійна піна, Compressedairfoamsystem, ONESEVEN, газонаповнена піна.*

A brief analysis of the possibilities of compression foam is performed. Comparisons with air-mechanical foam, feeding features and review of systems for generating compression foam are made.

Keywords: *Compression foam, compressed Air Foam System, One Seven, gas-filled foam.*

Компресійна піна - однорідна дрібноструктурна піна низької кратності, отримана шляхом змішування піноутворювача, води та стиснутого повітря або азоту.

Чим відрізняється від повітряно-механічної піни?

Відмінністю газонаповненої піни, на відміну від повітряно-механічної піни, є її чітка структуризація, завдяки чому в ній практично відсутня рідка фаза, що дає змогу використовувати її для гасіння пожеж класів D.

За фізичними параметрами (кратністю) компресійна піна буває трьох видів: «мокра (wet)» $K = 1 - 5$, яка застосовується найчастіше для гасіння пожеж назовні приміщень; «рідка (fluid)» $K = 5 - 10$, яка застосовується для

гаєння пожеж у приміщеннях, і «суха (dry)» $K = 10 - 20$, яку можна застосовувати для захисту поверхонь від теплового випромінювання.



Рис.1. Види компресійної піни.

Компресійна піна має високу щільність зчеплення бульбашок між собою. Завдяки цьому пінне покриття відрізняється стійкістю, надійно покриває горючу поверхню і перешкоджає доступу повітря.

Недоліком є висока вартість систем утворення компресійної піни. Вартість CAFS (Compressor Air Foam System) систем сягає декілька десятків тисяч доларів США. Тому на даний момент вони ще не набули поширення.

На рисунку 2 зображено схему системи для утворення газонаповненої піни. Основним складником системи є пожежний насос, система регулювання подачі піноутворювача і компресор. З насосу під тиском виходить вода, до якої у певній пропорції (1-2 %) додається піноутворювач. До суміші, що утворилась, додається стиснене повітря, за допомогою якого утворюється піна низької кратності, яка надалі рухається рукавами.

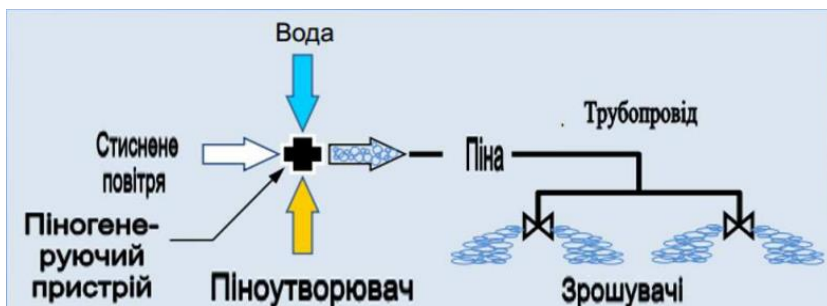


Рис.2.Схема системи для утворення газонаповненої піни.

Досвід застосування компресійної піни в США, Австрії та Німеччині доводять, що піногенеруюча система має ряд переваг порівняно з традиційними технологіями пожежогасіння, а саме:

- більш висока ефективність гасіння (зменшення часу гасіння);
- зменшені витрати води (2-5 рази) і піни (6-10 разів);
- швидке зниження температури в зоні горіння;
- невеликі пошкодження майна в результаті зменшення промокання водою;
- можливість подачі піни по сухотрубах на велику висоту;
- утворення піни відбувається безпосередньо біля насосної установки, що дає змогу зменшити енергетичні затрати на її доставку до місця пожежі.
- у зв'язку з цим газонаповнену піну можна подавати на значні відстані навіть по вертикалі
- газонаповнена піна є високо-структурованою, компактною та складається з великої кількості однорідних одиночних пухирців. Відношення маси до поверхні є сприятливим для інтенсивної теплопередачі, що призводить до значного ефекту охолодження.

- оскільки компресійна піна утворюється за допомогою повітря під тиском, то додатково отримує від нього енергію потрібну для доставки її безпосередньо в осередок пожежі. При цьому на відмінну від води не відбувається випаровування малих крапель на етапі доставки струменя в осередок пожежі, що значно підвищує коефіцієнт використання вогнегасної речовини.

- пожежні рукави заповнені газонаповненою піною значно легші, а отже підвищується маневреність ствольщика.

- газонаповнена піна може мати підвищений склад рідкої фази, що підвищує ефект охолодження, а також відсутність рідкої фази, що веде до підвищеної адгезії та дає змогу використовувати її для вогнезахисту вертикальних поверхонь, дерев та гасіння електрообладнання під напругою.

- відсутність рідкої фаз знижує прямі збитки під час гасіння пожеж у поверхових будівлях та на горищах через відсутність затоплення нижчих поверхів.

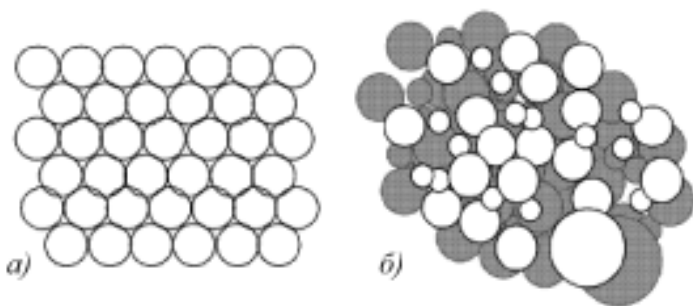


Рис.3. Структура піни. а) компресійна піна; б) повітряно-механічна піна.

Одним з найбільш відомих виробників систем газонаповненої піни є німецька фірма «ONESEVEN», яка володіє патентом на цю технологію та виготовляє стаціонарні та мобільні установки пожежогасіння.

Системи «ONE SEVEN» генерують газонаповнену піну з вмістом піноутворювача в розчині у діапазоні від 0,3 до 1 %. При цьому співвідношення об'єму розчину піноутворювача до об'єму повітря у готовій піні складає 1:7, що й набуло відображення у назві технології.

На рисунку4 наведено принцип роботи цієї системи. Водяний насос подає водний розчин піноутворювача до піногенератора, до якого в свою чергу компресор нагнітає повітря. Живлення елементів системи здійснює електричний блок, а блок керування відповідає за співвідношення води, піноутворювача та повітря. Від піногенератора вже готова піна рухається до споживачів.

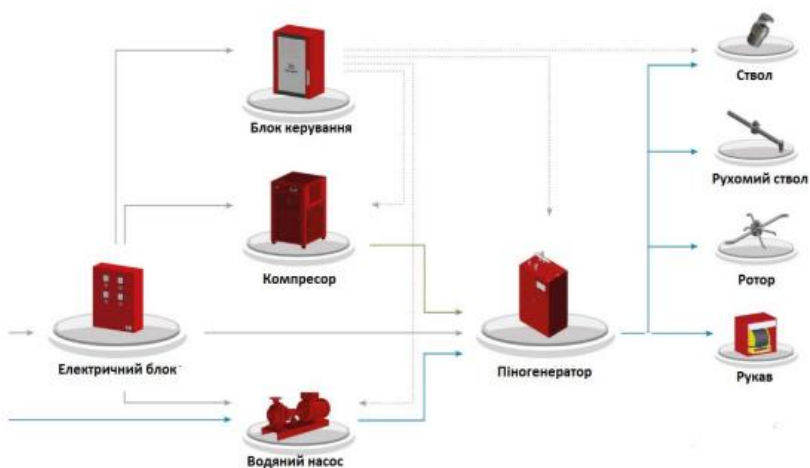


Рис.4. Принцип роботи системи «OneSeven».

Отже, згідно проведеного аналізу можна зробити висновок, що системи з використання компресійної піни набирають стрімкого поширення, такі технології не передбачають використання великої кількості води і доволі широко застосовуються у багатьох країнах світу, зокрема, в Німеччині, Австрії, США, Великій Британії.

ЛІТЕРАТУРА

1. Kovalyshyn, V., Velyki, N., Kovalyshyn, V., Voitovych, T., & Sorochuch, M. (2021). ЗАСОБИ ОТРИМАННЯ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПРЕСІЙНОЇ ПІНИ. Пожежна безпека, 39, 94-104.

2. Oneseven [Електронний ресурс] // Oneseven. - Режим доступу: <http://www.oneseven.com/>;

3. Т. М. Войтович, В. В. Ковалишин, В. В. Чернецький, (2019). «Особливості проектування і розрахунку системи “підшарового” гасіння.» // *Пожежна безпека: збірник наукових праць, ЛДУБЖД – 2019. – Вип. 34 – С. 21-27.*

4. С. М. Шахов, «Підвищення ефективності використання компресійної піни для гасіння пожеж класу А» // Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису, Харків - 2020 – С. 38-40. Режим доступу: https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/spetsializovani-vcheni-rady/261/003/shahov_an.pdf;

5. Тютаренко А. (2015). ГАЗОНАПОВНЕНА ПІНА – ЕФЕКТИВНИЙ ЗАСІБ ПОЖЕЖОГАСІННЯ ЛІСОВИХ ПОЖЕЖ. *Науковий вісник НЛТУ України*, 25(9), 246-250. Режим доступу: <https://doi.org/10.15421/40250939>.

6. В.В.Ковалишин, О.Е.Васильєва, Н.М.Козяр. «Пінне гасіння// Навчальний посібник»

УДК 621.833:621.7

**ІМПУЛЬСНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСОВИХ
ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОГО ПОЖЕЖНОГО
СПОВІЩУВАЧА**

Козак Я.Я. Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Україна

Для теплових пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом обґрунтований метод визначення його часових параметрів. В якості часових параметрів розглядаються час спрацьовування і постійна часу теплового пожежного сповіщувача. В основі методу лежить використання ефекту Джоуля-Ленца, для реалізації якого через терморезистивний чутливий елемент пожежного сповіщувача пропускаються одиночні імпульси електричного струму.

В якості таких тест-сигналів використовуються імпульси, які мають форму чверті синусоїди або чверті косінусоїди. Із використання мінтегрального перетворення Лапласа одержані аналітичні вирази, які представляють собою формалізацію реакції терморезистивного чутливого елемента пожежного сповіщувача на відповідні тест-сигнали. Ці аналітичні вирази використовуються для одержання функціональних залежностей постійних часу пожежного сповіщувача відтривалості імпульсів електричного струму та допоміжного параметра.

Допоміжний параметр представляє собою відношення значень вихідного сигналу теплового пожежногосповіщувача у два фіксованих моменти часу. Фіксовані моменти часу вибрані такими, що дорівнюють половині та трьом чвертям тривалості імпульсів електричного струму, що протікають через терморезистивний чутливий елемент пожежного сповіщувача. Час спрацьовування теплового пожежного сповіщувача визначається у вигляді двох адитивних

складових, одна із яких є постійною часу пожежного сповіщувача, а друга визначається величинами нормованих параметрів згідно із існуючими нормативними документами. Надана послідовність процедур, які у сукупності представляють метод визначення часових параметрів теплових пожежних сповіщувачів такого типу.

Постановка проблеми

Одним із радикальних шляхів, які забезпечують зниження збитків від пожежі, є ідентифікація небезпечних факторів пожежі в її початковій фазі, що найбільш ефективно може бути здійснено за допомогою автоматичних систем. Ефективність таких систем у першу чергу визначається ступенем досконалості технічних характеристик датчиків первинної інформації – пожежних сповіщувачів, а також ефективністю їх системи експлуатації. Одним із поширених класів пожежних сповіщувачів є теплові пожежні сповіщувачі. Система експлуатації таких сповіщувачів передбачає стаціонарні (автономні) або оперативні (об'єктові) випробування [1]. Метою таких випробувань є, зокрема, визначення часових параметрів пожежних сповіщувачів. Всі існуючі стандарти різних країн орієнтовані на визначення лише одного часового параметра – часу спрацювання пожежного сповіщувача, а такий параметр, як постійна часу теплового пожежного сповіщувача не визначається. У зв'язку з цим однією із проблем при експлуатації теплових пожежних сповіщувачів є підвищення рівня ефективності систем їх експлуатації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Стаціонарні випробування теплових пожежних сповіщувачів здійснюються за допомогою теплових каналів та у спеціальних приміщеннях із використанням тестових осередків пожеж [2, 3]. Основним недоліком таких випробувань пожежних сповіщувачів є те, що вони не розповсюджуються на сповіщувачі, які розміщені на

охороняємих об'єктах. Об'єктові випробування регламентуються стандартами ARSAD R7 (Франція), BS 5839 1:2002 (Великобританія). В Україні відсутні нормативні документи, що регламентують проведення таких випробувань. Слід зазначити, що при проведенні об'єктових випробувань теплових пожежних сповіщувачів у більшості випадків реалізується допусковий метод контролю. Всі існуючі нормативні документи стосовно випробувань теплових пожежних сповіщувачів не передбачають визначення їх постійних часу, але величина цього часового параметра нормується, наприклад, в ДСТУ ENS4-5:2003[4].

В [6] звертається увага на те, що підвищення ефективності системи експлуатації теплових пожежних сповіщувачів може бути забезпечено шляхом використання їх фізичних властивостей при реалізації алгоритмів їх випробувань. Прикладами такого підходу є використання ефектів Кюрі [7] та Джоуля-Ленца [8] для побудови алгоритмів випробувань теплових пожежних сповіщувачів. Використання другого ефекту відкриває нові можливості при визначенні технічних характеристик пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом при їх випробуваннях. Зокрема, в роботах [9–11] наведені результати досліджень стосовно визначення одного із часових параметрів пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом – постійної часу. Але з цих робіт не витікають рекомендації стосовно доцільності щодо використання конкретного методу для визначення часових параметрів сповіщувачів такого типу. Деякі методи потребують більш досконалого обґрунтування. Це стосується, зокрема, імпульсного методу визначення часових параметрів пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом. У зв'язку з цим представляє інтерес щодо проведення досліджень для пожежних сповіщувачів

такого типу при визначенні тест-сигналів іншої відносно існуючих результатів форми.

Виклад основного матеріалу Імпульсний метод визначення часових параметрів теплового пожежного сповіщувача із терморезистивним чутливим елементом передбачає використання ефекту Джоуля-Ленца для визначення постійної часу та часу спрацювання пожежного сповіщувача. В якості тест-сигналів використовуються імпульси електричного струму.

Показано, що метод визначення часових параметрів пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом зводиться до вимірювання значень вихідного сигналу пожежних сповіщувачів в фіксовані моменти часу і використання результатів цих вимірювань для формування проміжного параметра. Фіксовані моменти часу визначаються такими, що дорівнюють половині та трьом чвертям тривалості імпульсів електричного струму. Проміжний параметр, який формується за результатами вимірювань вихідного сигналу пожежного сповіщувача, використовується при побудові функціональних залежностей для одержання часових параметрів пожежних сповіщувачів.

Величини параметрів α , яким відповідають екстремуми функції $\delta = \delta(\alpha, \beta)$ коренями алгебраїчного рівняння

$$\frac{\partial \delta(\alpha, \beta)}{\partial \alpha} = 0.$$

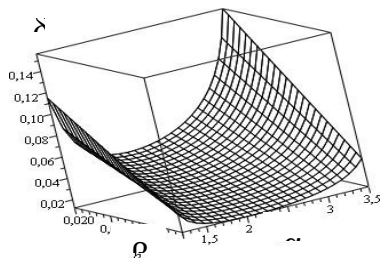


Рис. 1. Залежність, $\delta = \delta(\alpha, \beta)$.

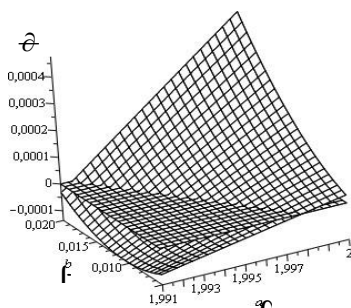


Рис. 2. Графічна інтерпретація рішення алгебраїчного рівняння.

Аналіз свідчить, що при $\beta = (0,5 - 2,0)\%$ екстремум похибки досягається при $\alpha = 1,992 \div 1,998$, а величина цієї похибки не перевищує 4,9%. Слід зазначити, що цей результат не протирічить вимогам євростандарту EN-54 [14].

Висновки

Показано, що теплова дія електричного струму у вигляді імпульсу трикутної форми обумовлює зміну температури терморезистивного чутливого елемента пожежних сповіщувачів, яка описується суперпозицією функцій Хевісайда, параметри яких визначаються коефіцієнтом передачі і постійною часу такого чутливого елемента та амплітудою і тривалістю імпульсу електричного струму.

Одержано вираз, за допомогою якого визначається при проведенні випробувань часовий параметр пожежних сповіщувачів. Особливістю цього виразу є те, що він є індиферентним відносно коефіцієнта передачі пожежного сповіщувача та амплітуди імпульсу електричного струму.

Одержано вираз для похибки визначення часового параметра пожежних сповіщувачів із терморезистивним чутливим елементом, яка обумовлена зміною температури навколишнього середовища. Під час зміни температури

навколишнього середовища на $(0,5 \div 2,0)\%$ має місце мінімум такої похибки, величина якої не перевищує 4,9%.

Література

1. Гвоздь М.В. Терморезистивные тепловые пожарные извещатели с улучшенными характеристиками и методы их температурных испытаний: дис. ... канд. техн. наук. – Черкассы, 2005. – 181 с.
2. Dinh T. (2017) Thermoresistive Effect for Advanced Thermal Sensors: Fundamentals, Design Considerations, and Applications / Dinh T., Phan H., Qamar A., Woodfield P., Nguyen N., Dao D.V. // Journal of Microelectromechanical Systems. – 2017. – 26(5). – Pp. 966–986. DOI: <https://doi.org/10.1109/JMEMS.2017.2710354>.
3. Jang H.-Y. Test Method Using Shield-cup for Evaluating Response Characteristics of Fire Detectors / Jang H.-Y., Hwang C.-H. // Fire Science and Engineering. – 2020. – Vol. 34(4). – Pp. 36–44. DOI: <https://doi.org/10.7731/kifse.8696ecf9>
4. Hong S.H. A Study on the Classification of Domestic Fire Detector using Response Time Index / Hong S.H., Kim D.S., Choi K.O. // Journal of the Korean Society of Safety. – 2017. – Vol. 32(2). – Pp. 46–51. DOI: <https://doi.org/10.14346/JKOSOS.2017.32.2.46>
5. Yoon G.-Y. DB Construction of Activation Temperature and Response Time Index for Domestic Fixed-temperature Heat Detectors in Ceiling Jet Flow / Yoon G.-Y., Han H.-S., Mun S.-Y., Park C.-H., Hwang C.-H. // Fire Science and Engineering. – 2020. – Vol. 34(3). – P. 3
6. Абрамов Ю.О. Теплові пожежні сповісчувачі та їх випробування / Абрамов Ю.О., Кальченко Я.Ю. – НУЦЗУ, 2016. – 120 с.

7. Арутюнян Д.М. Новые технологии гарантированного предотвращения пожаров. – Москва, 2014. – 232 с.
8. Абрамов Ю.А. Управление в технических системах с газовым и жидким компонентом / Абрамов Ю.А., Губарев А.П., Узунов А.В. и др. – Киев, 1997. – 285 с.
9. Садковой В.П. Оценка быстродействия датчиков первичной информации систем автоматического пожаротушения со сферическим терморезистивным чувствительным элементом / Садковой В.П., Абрамов Ю.А. // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2006. – Вип. 3. – С. 128-137.
10. Абрамов Ю.А. Повышение эффективности обнаружения пожара по температуре / Абрамов Ю.А., Гвоздь В.М., Тищенко Е.А. – Харьков, 2011. – 129 с.
11. Абрамов Ю.А. Определение временных характеристик тепловых пожарных извещателей при автономных испытаниях / Абрамов Ю.А., Басманов А.Е. – Харьков, 2011. – 110 с.
12. Кальченко Я.Ю. Идентификация динамического параметра пожарных извещателей с терморезистивным чувствительным элементом / Кальченко Я.Ю., Абрамов Ю.А. // Проблемы пожарной безопасности. – 2015. – Вып. 37. – С. 71–74.
13. Голоскопов Д.П. Уравнение математической физики. – Санкт-Петербург, 2004. – 539 с.
14. ДСТУ EN 54-5:2003. Видання. Системи пожежної сигналізації. Частина 5. Сповісуючі пожежні теплові точкові. (EN 54-5:2000, ІДІ). – Київ, 2004. – 162 с.

ЗМІСТ

<i>Васильєва Олена</i> , Багатопараметричний синтез конструктивних елементів корпусу редуктора та порівняльний аналіз з існуючими конструкціями	3
<i>Майструк Павло</i> , Дослідження континуальної ділянки дискретно континуального міжрезонансного вібростола	19
<i>Кордунова Юлія</i> , Моделювання експертної системи підтримки прийняття рішень в управлінні життєвим циклом спеціалізованого програмного забезпечення	28
<i>Ше Сянь-нін</i> , Імітаційне дослідження експлуатаційних характеристик поверхні під впливом механічної обробки	39
<i>Федів Ірина</i> , Очищення стічних вод від фосфатів та ПАР методом стимулювання адсорбції	49
<i>Проданчук Олег</i> , Імітаційні методи досліджень	61
<i>Годій Лілія</i> , До питання формулювання професійно-екстремальної комплектності майбутніх психологів оперативно-рятувальної служби	72
<i>Качур Олександр</i> , Чисельне та комп'ютерне моделювання перехідних режимів коливальної системи	84
<i>Ковальчук Олег</i> , Моделі і методи формування проектних команд в безпеко-орієнтованій системі	99
<i>Грищенко Ольга</i> , Управлінська діяльність керівників через призму транзакційного аналізу	127
<i>Король Катерина</i> , Екологічний моніторинг сміттєзвалищ туристичного рекреаційного комплексу Львівської області	140
<i>Адольф Іван</i> , Методи наукових досліджень у сфері пожежної безпеки швейних підприємств	155

Конанець Роман, Очищення стічних вод від важких металів методом адсорбції на природних глинистих матеріалах 168

Великий Назар, Сучасні перспективи застосування 179

параметрів тепловогопожежного сповіщувача