

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІГІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

На правах рукопису



ЛАКТИОНОВ ОЛЕКСАНДР ІГОРОВИЧ

УДК 004.5

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ
ПІДГОТОВКИ ОПЕРАТОРІВ ВЕРСТАТІВ З ЧИСЛОВИМ
ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ**

05.13.06 – Інформаційні технології

**Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Чернігів – 2020

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автоматики та електропривода Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Сільвестров Антон Миколайович,
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського» Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри теоретичної електротехніки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Литвинов Віталій Васильович,
Чернігівський національний технологічний університет
Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри
інформаційних технологій і програмної інженерії

доктор технічних наук, професор
Федорович Олег Євгенович,
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є.
Жуковського «Харківський авіаційний інститут»,
Міністерство освіти і науки України, завідувач кафедри
комп'ютерних наук та інформаційних технологій

Захист відбудеться «4» березня 2020 року о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 79.051.03 Чернігівського національного технологічного університету за адресою: 14035, м. Чернігів, вул. Шевченка 95, ауд. 224.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Чернігівського національного технологічного університету за адресою: 14035, м. Чернігів, вул. Шевченка 95.

Автореферат розісланий «30» січня 2020 року.

Вчений секретар
Спеціалізованої вченої ради



В.П. Войтенко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Недостатнє підвищення якості виробництва деталей на верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК) та продуктивності праці у цехах машинобудівних підприємств України актуалізує проблему ефективності та точності інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК, що забезпечується формуванням професійної компетентності особистості.

Проблему оцінювання якості підготовки фахівців досліджували: В. А. Князев, С. П. Борсук, В. В. Литвинов, В. В. Казимир, А. В. Хоминич, О. Е. Федорович, О. А. Гайденко, В. А. Пуйденко, А. І. Трубилін, О. В. Григоращ, Е. П. Бочарова, О. І. Тараненко, Том Шнелл, Річ Корнуолл, Меліса Уолваніс, Нахід Хасан Нішад та ін. У їх дослідженнях використовувались діагностичні та математичні методи збирання і обробки даних.

Останніми роками науковці І. М. Школа, Є. В. Дронь, Л. Ф. Насейкіна, О. В. Посилкіна, Ю. С. Братішко, Г. В. Кубасова активно моделювали інтегровані показники та індекси оцінювання якості підготовки фахівців, як елементів соціальних систем, але не були використані методи об'єднання рядів самооцінок, оцінок експертів та оцінок експертів із нормованими оцінками галузевого стандарту, які отримуються з використанням списку відповідних індикаторів.

Математичні методи вираховування індексів, де об'єднувалися ряди самооцінок і оцінок експертів вивчали: М. П. Лебедик, Н. П. Медвідь, Т. А. Устименко, В. В. Радул й інші. Теоретико-методологічною основою об'єднання множин оцінок фахівця є взаємодія сформованих якостей особистості (суб'єктивні фактори) та обумовлюючих їх об'єктивних факторів. Удосконалюючи методи збору й обробки самооцінок, експертних та об'єктивних оцінок, науковці не в повну міру використовували їх для відбору операторів верстатів з ЧПК на основі індексних оцінок, які вираховуються шляхом об'єднання експертних оцінок із самооцінками фахівців та нормованими оцінками галузевого стандарту.

Дослідження R. T. Al-Kasasbeh, де вивчається відбір об'єктів, як елементів відкритих систем, передбачає використання різних груп оцінок фахівця. У соціальних підсистемах відбір фахівців здійснюється на основі самооцінювання інтелекту фахівця та його здатності до навчання із використанням оцінок експертів. Даний підхід дозволяє здійснювати порівняльний аналіз ефективності відбору верстатників, які мають найвищі оцінки.

Аналіз наявних робіт показує, що відбір операторів верстатів з ЧПК з використанням індексних оцінок недостатньо досліджувався і перевірявся на предмет його точності. Дослідження точності відбору операторів верстатів з ЧПК, як елементів соціальної підсистеми системи «Оператор – Верстат – Керуюча програма виготовлення деталі» (ОВКП), на основі індексних оцінок передбачає обов'язкове вивчення міри взаємозв'язків різних груп оцінок, що проявляється у взаємодії усіх елементів відкритої змішаної системи.

Науковим завданням, яке вирішується у роботі, є розробка інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК що

використовує різні види оцінок: самооцінки, оцінки експертів, нормовані стандартні оцінки, об'єктивні оцінки та індексні оцінки, які вираховуються на їх основі і дозволяє підвищити точність відбору.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, грандами.

Основні дослідження з теми дисертації проводились у межах науково-дослідної роботи ПолтНТУ на тему «Розробка та дослідження моделей, методів, комп'ютерних систем і компонентів швидкої обробки даних на основі застосування непозиційної системи числення у системі залишкових класів» (№ДР 0115U002419).

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження полягає у підвищенні якості процесу оцінювання при відборі операторів верстатів з ЧПК за рахунок розробки інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК.

Задачі дослідження:

1. Сформуванати список індикаторів професійної компетентності оператора верстата з ЧПК.

2. Створити метод об'єднання самооцінок і оцінок експертів у індекс професійної компетентності особистості ($I_{ПК}$) та метод об'єднання експертних оцінок і нормованих оцінок галузевого стандарту у індекс якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$).

3. Розробити програмний комплекс інформаційної технології оцінювання якості підготовки оператора верстата з ЧПК та їх відбору.

4. Дослідити залежність зростання точності відбору операторів верстатів з ЧПК на основі їх експертних та індексних оцінок.

5. Дослідити вплив формувальних методів атестації операторів верстатів з ЧПК на підвищення точності їх відбору у відповідності з вимогами Замовника до якості виготовлення деталей.

Об'єкт дослідження – процес оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК.

Предмет дослідження – моделі та методи інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК.

Методи дослідження:

– *діагностичні*: методи збирання, обробки, зберігання у базі даних самооцінок оператора верстата з ЧПК, оцінок його експертів, нормованих оцінок стандарту та вирахованих на їх основі індексних оцінок, й оцінок інших елементів відкритих систем;

– *математичні*: методи об'єднання первинних оцінок в індекси: індекс професійної компетентності, індекс якості підготовки оператора верстату з ЧПК; методи математичної статистики: лінійна парна регресія, нелінійна регресія: поліном 2-ї степені, експоненціальна, логарифмічна та степенева, t-критерій Стюдента, критерій Шапіро-Уїлка, метод обробки аномальних значень; математичні методи відбору операторів верстатів з ЧПК: мультиплікативна згортка, метод аналізу ієрархій, лінійна згортка, бінарний пошук; методи достовірності відбору ранжованих оцінок: критерій Діксона; методи визначення точності оцінок: сумарний показник розкиду оцінок.

– *формувальні*: проектування засобів розв’язання завдань досліджуваної проблеми, методи формування якості професійної компетентності особистості, методи оцінювання якості підготовки оператора верстата з ЧПК і методи оцінювання якості його взаємодії з елементами технічної та інформаційної підсистем системи ОВКП.

Наукова новизна отриманих результатів.

1. Вперше розроблено нові методи оцінки індексу якості підготовки та індексу професійної компетентності оператора верстату з ЧПК, які, на відміну від існуючих, об’єднують ряди самооцінок, оцінок експертів, нормованих стандартних оцінок, що дозволяє фіксувати різницю між самооцінками і оцінками експертів та, відповідно, між оцінками експертів і нормованими стандартними оцінками для підвищення якості процесу оцінювання при відборі операторів верстатів з ЧПК.

2. Набув подальшого розвитку список індикаторів професійної компетентності оператора верстата з ЧПК, який на відміну від існуючих, враховує вимоги галузевих стандартів. Це дозволяє отримувати ряди самооцінок, оцінок експертів, нормованих оцінок галузевого стандарту з уточненням їх питомої ваги, на основі змісту вимог галузевих стандартів до професійної компетентності та якості підготовки операторів верстатів з ЧПК.

3. Набули подальшого розвитку формувальні методи для дослідження точності відбору операторів верстатів з ЧПК, що на відміну від існуючих використовуються з урахуванням методу сумарної оцінки розкиду оцінок. Це дозволяє виявляти операторів верстатів з ЧПК із значно більшим рівнем оцінки професійної компетентності та якості підготовки.

4. Набув подальшого розвитку метод сумарної оцінки розкиду за рахунок використання первинних та індексних оцінок, що дозволило фіксувати динаміку точності відбору методом лінійної згортки. На відміну від існуючих математичних методів вираховування експертних та інтегрованих оцінок, запропоновані два методи вираховування індексних оцінок, які мають набагато менші показники розкиду, що дозволяє підвищити точність відбору операторів верстатів з ЧПК.

Практичне значення отриманих результатів.

За результатами дослідження реалізовано програмний комплекс оцінювання якості підготовки операторів верстата з ЧПК, який на відміну від існуючих об’єднує три групи методів: діагностичні, математичні та формуючі. Апробована методика відбору операторів верстата з ЧПК на основі індексних оцінок, які вираховуються за новоствореними формулами індексу професійної компетентності особистості й індексу якості підготовки оператора верстата з ЧПК. Вперше, для порівняльного аналізу точності відбору, використовується інтегрований показник загальної оцінки якості взаємодії оператора верстата з ЧПК з елементами технічної та інформаційної підсистем системи ОВКП. Встановлено зростання рівня індексу якості підготовки оператора верстата з ЧПК на 1,06 або у 1,25 рази. Це дозволяє підвищити якість відбору операторів верстатів з ЧПК.

Результати дисертаційного дослідження набули практичного використання на підприємствах – Елеваторремкомплект, ПАТ «Полтавський машинобудівний завод», ПАТ «Полтавський автоагрегатний завод», ДПХКБ «Харківське агрегатно-

конструкторське бюро», ТОВ «Елмеханіка» з якими дисертант продовжує співпрацю та у навчальному процесі на кафедрі автоматики та електропривода Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка, а також у Полтавському політехнічному коледжі національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 13 наукових праць, у тому числі 5 статей у наукових фахових виданнях, 2 у закордонних періодичних виданнях, 6 тез доповідей на конференціях.

Апробація результатів дисертації. Результати дисертації обговорювалися на: Всеукраїнській науково-практичній Інтернет - конференції: «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика» (Полтава 4 грудня 2017 р.); Дванадцятій міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем» (Чернігів, 26–29 червня 2017 р.); Тринадцятій міжнародній науково-практичній конференції «Математичне та імітаційне моделювання систем» (Чернігів-Жукин, 25–29 червня 2018 р.); IV міжнародній науково-практичній конференції «Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика» (Полтава, 20–21 листопада, 2018 р.); 71-й науковій конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету (Полтава 22 квітня – 17 травня 2019 р.); Чотирнадцятій міжнародній науково-практичній конференції (Чернігів, 24–26 червня 2019 р.).

Структура та обсяг дисертації. Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків до кожного з них, загальних висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації – 195 сторінок, з яких 134 основного тексту. Список використаних джерел включає 133 найменування.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі до дисертаційної роботи визначено: актуальність, мету, об'єкт і предмет дослідження, етапи та методи отримання результатів. Доведено практичне значення дисертаційної роботи та особистий внесок здобувача.

У першому розділі розглядаються теоретичні основи інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК. Обґрунтована сутність поняття «інформаційна технологія оцінювання підготовки оператора верстата з ЧПК», як елемента соціальної підсистеми (*S*), у взаємодії з елементами технічної (*T*) та інформаційної (*I*) підсистем системи ОВКП на основі системних зв'язків сформованих якостей особистості (суб'єктивні фактори) з обумовлюючими їх об'єктивними факторами (рис. 1).

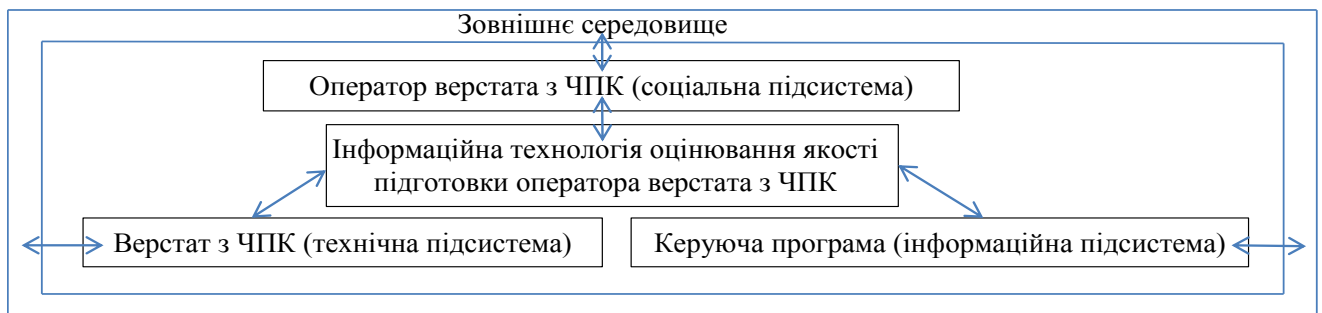


Рис. 1 Структурна схема зв'язків елементів і їх підсистем системи ОВКП

Внутрішні взаємозв'язки підсистем системи ОВКП та взаємодія відкритої системи із зовнішнім середовищем є показником приросту ефективності інформаційної технології оцінювання якості підготовки оператора верстата з ЧПК (рис.2).



Рис. 2. Схема визначення ефективності інформаційної технології оцінювання якості підготовки оператора верстата з ЧПК

Ефективність інформаційної технології оцінювання якості підготовки оператора верстату з ЧПК вираховувалася методами порівняльного аналізу множин індексних оцінок першого і наступного діагностичних зрізів з використанням середнього квадратичного відхилення емпіричних значень індексних оцінок ($\Delta \bar{I}$):

$$\Delta \bar{I} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (I_2(k) - I_1(k))^2 / n}, \quad (1)$$

де I_1 – емпіричне числове значення індексу якості підготовки оператора верстата з ЧПК (1-й діагностичний зріз);

I_2 – емпіричне числове значення індексу якості підготовки оператора верстата з ЧПК (наступний діагностичний зріз);

n – кількість операторів верстатів з ЧПК у базовій експериментальній вибірці дослідження;

k – порядковий номер емпіричного значення індексу якості підготовки оператора верстата з ЧПК у сформованій базовій вибірці.

У другому розділі запропоновані нові методи інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК. Формується список індикаторів професійної компетентності оператора верстата з ЧПК, вираховується їх питома вага, пропонується розробка типової порядкової шкали на основі номінальної шкали оцінювання, для отримання первинних самооцінок, оцінок експертів та обробки емпіричних оцінок, обґрунтовуються методи вираховування новостворених індексів.

Складові моделі якості та моделі оцінювання якості з використанням методів інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК (рис. 3).

1. Модель якості (МЯ)			
1.1. Формування списку індикаторів якості особистості оператора верстата з ЧПК, у відповідності з галузевими стандартами (ІЯ)	1.2.Співвідношення самооцінок (характеристики особистості) та оцінок експертів (характеристики продуктів діяльності людини) (ССЕ)	1.3.Співвідношення оцінок експертів та нормованих оцінок на основі змісту вимог галузевого стандарту до підготовки верстатників (СЕН)	1.4. Алгоритм об'єднання фактичної і найменшої оцінки елементів соціальної, технічної та інформаційної підсистем систем ОВКП (ССФМ)
2. Модель оцінювання якості (МОЯ)			
2.1. Методи отримання первинних самооцінок, оцінок експертів, нормованих оцінок, та перетворення номінальної шкали у порядкову (МПО)	2.2. Методи об'єднання первинних оцінок у індекси (МІО)	2.3. Методи математичної статистики (ММС)	2.4 Методи відбору операторів верстатів з ЧПК і оцінювання точності відбору (МВ)

Рис. 3 Складові моделі інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК

Модель (2) інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК (МІТ), складається з двох основних компонентів:

$$МІТ = \langle МЯ, МОЯ \rangle, \quad (2)$$

де *МЯ* – модель якості;

МОЯ – модель оцінювання якості.

Модель якості. Модель якості це кортедж (3):

$$МЯ = \langle ІЯ, ССЕ, СЕН, ССФМ \rangle, \quad (3)$$

де *ІЯ* – індикатори якості;

ССЕ – співвідношення самооцінок (характеристики особистості) та оцінок експертів (характеристики продуктів діяльності людини);

СЕН – співвідношення оцінок експертів та нормованих оцінок;

ССФМ – сума співвідношень фактичної і найменшої (мінімальної) оцінки елементів соціальної, технічної та інформаційної підсистем систем ОВКП.

Модель (4) оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК має вид:

$$МОЯ = \langle МПО, МІО, ММС, МВ \rangle, \quad (4)$$

де *МПО* – методи первинних самооцінок, оцінок експертів, нормованих оцінок, шкалування оцінок (перетворення номінальної шкали у порядкову);

МІО – методи індексних оцінок (об'єднання первинних оцінок у індекси);

ММС – методи математичної статистики;

МВ – методи відбору операторів верстатів з ЧПК і оцінювання точності їх відбору.

1. Моделювання індикаторів гностичного, мотиваційного та ціннісно-результативного компонентів професійної компетентності особистості оператора верстата з ЧПК. Зміст виділених 18 індикаторів сформульований у відповідності з вимогами стандарту ISO 18529 «Ергономіка – Ергономіка взаємодії людини і системи – опис процесів життєвого циклу, орієнтованого на людину» та «Довідником кваліфікаційних характеристик професій працівників», табл. 1.

Таблиця 1

Зміст індикаторів професійної компетентності оператора верстата з ЧПК та їх питома вага (B_i)

Індикатори <i>гностичного</i> компоненту особистості
1 – Використання комплексу різних інструментів для обробки деталей на верстаті з ЧПК (0,176);
2 – Підбір режимів обробки деталей на панелі керування різних верстатів з ЧПК (0,165);
3 – Запуск і обробка деталей різних типів складності на верстаті з ЧПК (0,173);
4 – Налаштування співвідношення валів з використанням інструментів точного вимірювання для обробки деталей на верстаті (0,17);
5 – Забезпечення різних класів точності обробки деталей на верстаті з ЧПК (0,163);
6 – Програмування на панелі керування верстатів з ЧПК одним шпинделем і різною кількістю осей (0,151);
Індикатори <i>мотиваційного</i> компоненту особистості
7 – Удосконалення сенсорно-моторної реакції для прискорення робіт з прив'язки «нуля» деталі до осі X (0,17);
8 – Виконання нормативних вимог точності обробки деталей на верстаті з ЧПК (0,166);
9 – Концентрація уваги на типових схемах траєкторії руху різця у процесі обробки деталі на верстаті з ЧПК (0,171);
10 – Програмування обробки об'ємних деталей на верстатах з різними координатами (0,156);
11 – Досвід використання інструментів, що закріплюються у револьверній головці (0,177);
12 – Використання різних систем передачі сигналів якості обробки деталі (провідна, оптична та по радіоканалу) у процесі роботи верстата з ЧПК (0,158);
Індикатори <i>ціннісно-результативного</i> компоненту особистості
13 – Контролюю послідовні етапи обробки деталей на різних координатних верстатах (0,173);
14 – Вимірюю просторові розміри деталей з різними осями координат за допомогою пристроїв цифрової індикації (0,183);
15 – Програмую обробку деталей на панелі керування верстата ЧПК, який має один і більше шпинделів (0,159);

16 – Використовую вимірювальні пристрої з високим рівнем точності (0,162);
 17 – Виставляю точки нульового положення інструменту при налагоджуванні роботи верстата (0,163);
 18 – Використовую вимірювальні пристрої різної складності (0,158).

2. Методи вираховування індексних оцінок операторів верстатів з ЧПК на основі об'єднання первинних самооцінок, оцінок експертів, нормованих оцінок стандарту.

2.1 Метод об'єднання самооцінок і оцінок експертів у Індекс професійної компетентності оператора верстата з ЧПК ($I_{ПК}$). Цінність названого індексу в тому, що його числове значення дуже точно фіксує міру єдності/розбалансованості свідомості і соціально-практичної діяльності особистості.

Індекс професійної компетентності оператора верстата з ЧПК ($I_{ПК}$) складається з числових коефіцієнтів (K_G – гностичний, K_M – мотиваційний, K_P – ціннісно-результативний), кожний з яких вираховується методом об'єднання двох рядів емпіричних оцінок, отриманих з використанням списку індикаторів: самооцінки (O^e) – $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$; оцінки експертів (O^e) – $y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ з використанням формули (5), відомої як Індекс Лебедика:

$$K = 0,5 + \frac{9O^e}{10 + 3\chi^2}, \quad (5)$$

де (O^e) – сумарний показник експертних оцінок i -го номера відповідного індикатора, де $O^e = \sum_{i=1}^n y_i B_i$, n – кількість індикаторів; B_i – коефіцієнт питомої ваги i -го параметру (індикатора), а $\sum_{i=1}^n B_i = 1$;

χ^2 – узагальнений показник суми розбіжностей між рядами самооцінок оператора (x) та оцінок експертів (y), який вираховується за формулою:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(x_i - y_i)^2}{(x_i + y_i)} \cdot B_i.$$

Отримані числові коефіцієнти гностичного (K_G), мотиваційного (K_M) та ціннісно-результативного (K_P) компонентів запропоновано об'єднувати у числовий Індекс професійної компетентності оператора верстата з ЧПК ($I_{ПК}$) як середнє геометричне (6):

$$I_{ПК} = \sqrt[3]{K_G \cdot K_M \cdot K_P}. \quad (6)$$

2.2 Метод об'єднання експертних оцінок і нормованих оцінок рівня складності керуючої програми виготовлення деталі на верстаті з ЧПК у Індекс якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$). Наукова і прикладна цінність названого індексу в тому, що його числове значення, стійко і точно фіксує міру відповідності оцінок його фактично створених продуктів діяльності, які визначають експерти, до оцінок-вимог галузевого стандарту.

Індекс якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$) складається з числових коефіцієнтів якості (K_G – гностичний, K_M – мотиваційний, K_P – ціннісно-результативний), кожний з яких вираховується методом об'єднання двох рядів

емпіричних оцінок, отриманих з використанням списку індикаторів та однотипної порядкової шкали оцінювання: оцінки експертів (O^e) – $y_{1i}, y_{2i}, y_{3i}, \dots, y_{ni}$; та нормовані оцінки згідно галузевого стандарту (O^{cm}), – $c_{1i}, c_{2i}, c_{3i}, \dots, c_{ni}$;

Отримані числові коефіцієнти гностичного (K_G), мотиваційного (K_M) та ціннісно-результативного (K_P) компонентів об'єднуються у числовий Індекс якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$) за формулою (5), де: (O^e) – сумарний показник експертних оцінок і-го номера відповідного індикатора, де $O^e = \sum_{i=1}^n y_i B_i$, n – кількість індикаторів; B_i – коефіцієнт питомої ваги і-го параметру (індикатора), а $\sum_{i=1}^n B_i = 1$. Узагальнений показник суми розбіжностей між рядами нормованих оцінок галузевого стандарту (c) та експертних оцінок (y) кожного оператора верстата з ЧПК (χ^2) вираховується за формулою:

$$\chi_1^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(c_i - y_i)^2}{(c_i + y_i)} \cdot B_i.$$

Отримані числові коефіцієнти гностичного (K_G), мотиваційного (K_M) та ціннісно-результативного (K_P) компонентів об'єднуються у числовий Індекс якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$), який вираховується як кубічний корінь добутку даних трьох коефіцієнтів за формулою (6).

Вказані методи вираховування двох індексів оцінюють тільки оператора верстата з ЧПК, який є елементом соціальної підсистеми системи ОВКП. Вираховування взаємодії елементів соціальної, технічної та інформаційної підсистем системи ОВКП здійснюється методом аналізу ієрархій.

3. Вираховування інтегрованого показника загальної оцінки якості взаємодії оператора верстата з ЧПК з елементами технічної та інформаційної підсистем системи ОВКП методом аналізу ієрархій.

Метод аналізу ієрархій об'єднує різні за змістом оцінки: кваліфікаційний розряд оператора верстата з ЧПК, тип продуктивності верстата з ЧПК на якому працює оператор верстата та рівень складності керуючої програми виготовлення деталі на верстаті з ЧПК у інтегрований показник якості взаємодії елементів системи ОВКП ($I_{ЯВ}$).

Метод ієрархій використовується для відбору операторів верстатів з ЧПК, з вибірок не більше 15 осіб, та забезпечує досить високу точність відбору та їх ранжування.

4. Метод відбору операторів верстатів з ЧПК для виготовлення деталей.

Індексні оцінки та інтегровані показники операторів верстатів з ЧПК, що занесені у базу даних дослідження, використовуються для відбору операторів верстатів з ЧПК з використанням методу лінійної згортки. Даний метод дозволяє обґрунтовано здійснювати відбір операторів верстатів з ЧПК на основі експертних та інших оцінок. Однак, більша точність відбору операторів верстатів з ЧПК досягається при використанні індексних оцінок.

У третьому розділі показаний програмний комплекс, що реалізує інформаційну технологію оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК

та прогнозованої точності їх відбору. Для дистанційного збору і обробки оцінок операторів верстатів з ЧПК програмний комплекс складається з Web-сайтів, які є засобами реалізації оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК.

Перший засіб – це Web-сайт №1, який створено для організації комунікації і дистанційного опитування операторів (самооцінювання) та оцінювання їх діяльності експертами. Цей засіб реалізовано мовою програмування PHP без використання фреймворків та архітектурних патернів. Другий засіб – Web-сайт №2 використовується для обробки та інтерпретації результатів дослідження, реалізований мовою програмування PHP з використанням фреймворку char.js. Введення первинних та об'єктивних оцінок у форму здійснюється з використання мови текстової розмітки Html. У даному засобі формується база даних оцінок та реалізуються методи інформаційної технології оцінювання якості підготовки оператора верстата з ЧПК.

База даних оцінок реалізована з використанням PhpMyAdmin, яка керувала інтерфейсом системи управління бази даних MySQL. Вона складається з персоніфікованих оцінок операторів верстата з ЧПК, які формуються з первинних оцінок й індексних оцінок професійної компетентності та якості їх підготовки. Ця група оцінок доповнюється об'єктивними характеристиками та оцінками типів продуктивності верстатів, рівнів складності керуючої програми виготовлення деталі на верстаті з ЧПК, з якими вступає у взаємодію оператор верстата з ЧПК.

Проект Web-сайту, реалізований мовою текстової розмітки Html та мовою програмування PHP, що більш направлена для роботи з серверними частинами сайтів, ніж Python, яка недостатньо підтримує зв'язок з базами даних.

Накопичені у базі даних індексні оцінки професійної компетентності та якості підготовки операторів верстатів з ЧПК використовуються для здійснення відбору методом лінійної згортки та фільтрованим відбором – згідно оцінок-вимог Замовника. Це забезпечує необхідну якість підготовки та точність відбору операторів верстатів з ЧПК, рис. 4.



Рис. 4 Структурна схема програмного комплексу, що реалізує інформаційну технологію оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК

Комплекс методів оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК та їх відбору реалізується чотирма модулями програмного забезпечення:

Модуль 1. Використання діагностичних методів, дозволяє дистанційно отримувати ряди первинних самооцінок операторів верстатів з ЧПК, оцінок його експертів, нормованих оцінок галузевого стандарту з використанням відповідних опитувальників та стандартизованих бланків збирання експертних оцінок, об'єктивних оцінок функціонування елементів технічної і інформаційної підсистем системи ОВКП.

Модуль 2. Використання математичних методів для обробки первинних емпіричних оцінок та їх об'єднання у відповідні індекси. Методи математичної статистики використовуються для дослідження кореляційних залежностей базової експериментальної вибірки операторів верстатів з ЧПК.

Модуль 3. Використання формувальних методів забезпечує якість рівня та динаміки сформованості особистого зростання операторів верстатів з ЧПК під впливом навчання, виховання і зовнішніх факторів середовища системи ОВКП.

Модуль 4. Спеціально відібрані методи використовуються для забезпечення точності відбору операторів верстатів з ЧПК з метою виконання завдань Замовника на основі експертних та індексних оцінок професійної компетентності особистості, якості його професійної підготовки, взаємодії оператора верстата з ЧПК, як елемента соціальної підсистеми, з елементами технічної і інформаційної підсистем системи.

Алгоритм використання методу бінарного пошуку та швидкого сортування для відбору операторів верстатів з ЧПК згідно вимог Замовника. Крок 1. Формування списку операторів верстатів з ЧПК в яких оцінка типу продуктивності верстата з ЧПК (O_{Ti}) відповідає оцінці Замовника. Крок 2. Перевірка списку операторів верстатів з ЧПК, вибірка яких залишилася після 1-го етапу відбору, оцінки яких по блоку 2 співпадають з вимогами Замовника. Крок 3. Формування списку операторів верстатів з ЧПК у яких оцінка рівня складності керуючої програми виготовлення деталі на верстаті з ЧПК (O_{li}) відповідає оцінці Замовника. Крок 4. Перевірка списку операторів верстатів з ЧПК, вибірка яких залишилася після 1 та 2-го етапів відбору, оцінки яких по блоку 4 співпадають з вимогами Замовника. Крок 5. Формування списку операторів верстатів з ЧПК у яких оцінка кваліфікаційного розряду (O_{pi}) відповідає оцінці Замовника. Крок 6. Перевірка списку операторів верстатів з ЧПК, вибірка яких залишилася після 1, 2 та 3-го етапів відбору, оцінки яких по кроку 6 співпадають з вимогами Замовника. Крок 7. Подавання прізвища операторів верстатів з ЧПК, які відібрані для виконання завдання Замовника щодо виготовлення деталі на верстаті з ЧПК, з числа відібраних на основі індексних оцінок, з використанням методу лінійної згортки.

У четвертому розділі проведено експериментальне дослідження ефективності інформаційної технології оцінювання якості підготовки оператора верстата з ЧПК та забезпечення точності відбору операторів верстатів з ЧПК базових вибірок, які формуються згідно моделі Генеральної сукупності систем ОВКП машинобудівних заводів міст Карлівки, Полтави та Харкова. Досліджено якість підготовки виділених груп верстатників, з використанням самооцінок, експертних оцінок і нормованих оцінок стандарту. Проведено порівняльний аналіз підвищення точності відбору

операторів верстатів з ЧПК на основі індексних оцінок та під впливом формувальних методів атестації.

Дослідження ефективності інформаційної технології оцінювання якості підготовки оператора верстата з ЧПК, як елемента системи ОВКП проводилося на мінімальному обсязі базової вибірки операторів верстатів з ЧПК ($n = 34$), які успішно пройшли атестацію, яка формується методом проступінчастого випадкового неповторного відбору з довірчою ймовірністю 95%, у відповідності з моделлю Генеральної сукупності операторів верстатів з ЧПК систем ОВКП.

Для доведення наявності взаємозв'язку рівнів професійної компетентності оператора верстата з ЧПК та якості його підготовки порівнювалися ряди індексних оцінок 34 операторів верстатів з ЧПК двох діагностичних зрізів (2016 р., та 2017 р.).

Для підбору математичного методу дослідження залежностей між індексними оцінками використані поліном 2-ї степені та метод лінійної функції парної регресії. Дослідження залежностей між індексними оцінками методом лінійної функції парної регресії показало значно кращі якісні показники, ніж поліном 2-ї степені. Тому, вираховування проводилося з використанням методу лінійної функції парної регресії, де у вибірці ($n=34$) спостерігається значимий зв'язок (рис. 5).

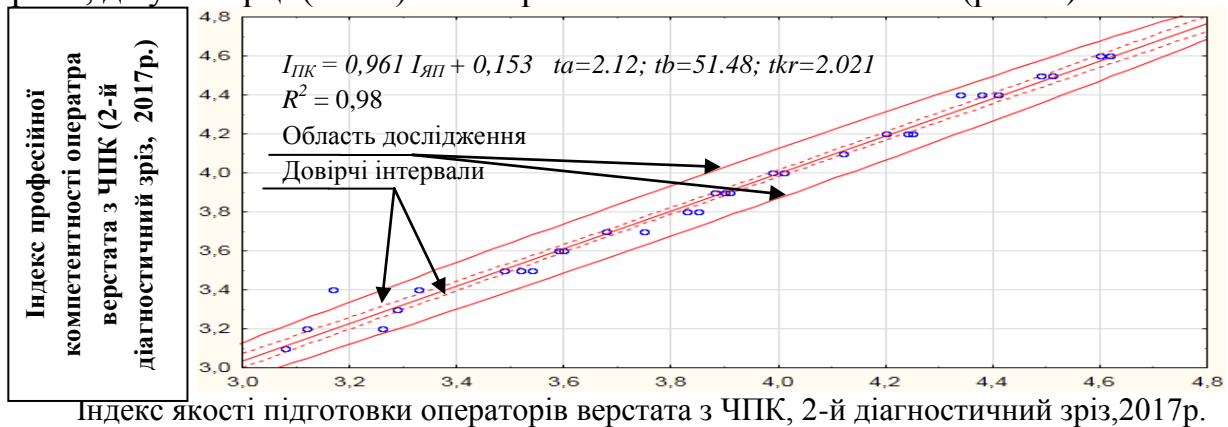


Рис. 5 Залежність емпіричних значень індексу професійної компетентності оператора верстата з ЧПК ($I_{ПК}$) та індексу якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$)

Побудовано лінійну функцію $I_{ПК} = 0,848 I_{ЯП} + 0,566$, 2-го – $I_{ПК} = 0,961 I_{ЯП} + 0,153$ за результатами 1-го діагностичного зрізу, яка повторила результати 2-го діагностичного зрізу 2017 р. Існування взаємозв'язку доводяться на рівні значимості $\alpha = 0,05$ при $t_{кр} = 2,021$ коефіцієнти статистично значимі. Для дослідження аномалії використано метод обробки екстремальних (аномальних) значень. Отримані результати вказують на достатність використання у дослідженні лінійної функції парної регресії, тому не використовували поліноміальну функцію 2-ї степені, яка показує показник $R^2 = 0,98$. Сильний прямий взаємозв'язок між індексними оцінками до і після державної атестації пояснюється впливом формувальних методів атестації та факторів соціально-економічного середовища.

Зростання (+ Δ) індексних оцінок якості підготовки операторів верстатів з ЧПК забезпечується формувальними методами атестації. Зміни рівнів двох діагностичних замірів якості підготовки оператора верстата з ЧПК – це показник ефективності впливу формуєчих методів їх атестації. Вибірки ($n=34$) перевірені за допомогою t -

критерію за вибраним рівнем значимості $\alpha=0,05$ з метою виявлення показника рівності нулю (рис. 6).

Вирахування за формулою (1) індексних оцінок (на базі вибірки 34 систем ОВКП) встановило наступне: 1) за результатами 2-го і 3-го діагностичних зрізів рівень якості підготовки операторів верстатів з ЧПК збільшується на 0,37 рази; 2) 1-го і 2-го – на 0,79 рази; 3) 1-го і 3-го на 1,06 рази.

Якщо поділити суму значення індексів якості підготовки операторів верстатів з ЧПК (дані 2-го діагностичного зрізу) на відповідну суму даних 1-го діагностичного зрізу ($n=34$), то показник якості підготовки операторів верстатів з ЧПК даної вибіркової сукупності підвищився – у 1,17 рази ($130,98/111,05=1,17$). Аналогічно для 2-го і 3-го діагностичних зрізів – у 1,06 рази ($139,63/130,98=1,06$). Для 1-го і 3-го – у 1,25 рази ($139,63/111,05=1,25$).

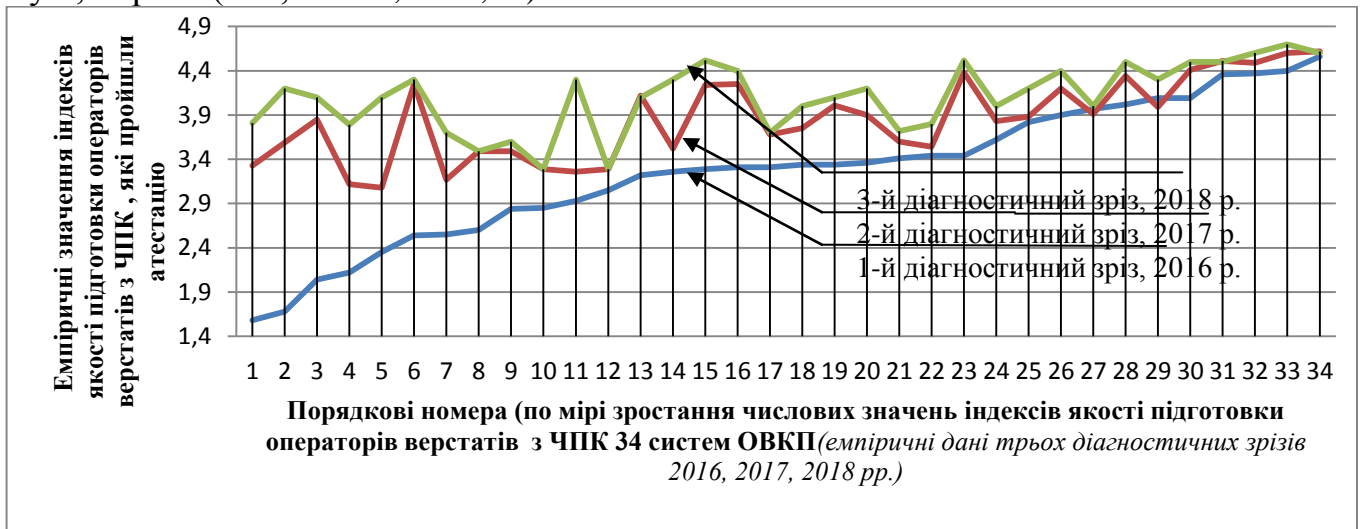


Рис. 6 Порівняльний аналіз зростання індексних оцінок якості підготовки операторів верстатів з ЧПК, які пройшли державну атестацію

Експериментально доведено, що підвищення індексу професійної компетентності особистості оператора верстата з ЧПК засобами державної атестації забезпечується зростанням ефективності методів інформаційної технології оцінювання якості його професійної підготовки.

Показники підготовки операторів верстатів у після-атестаційний період.

Для дослідження взаємозв'язку між індексами у після-атестаційний період проведено 3-й діагностичний зріз, 2018 р., операторів верстатів з ЧПК, які успішно підвищили свій кваліфікаційний розряд. Взаємодія індексних оцінок досліджувалася з використанням методів лінійної функції парної регресії.

У після-атестаційний період (3-й діагностичний зріз, 2018р.) продовжував зростати взаємозв'язок індексних оцінок, де коефіцієнт детермінації $R^2 = 0,97$ лінійної парної регресії $I_{ПК} = 0,97 I_{ЯП} + 0,121$, вказує на існування сильного зв'язку. При цьому, коефіцієнт рівняння регресії, $ta=0,78$, при $tkp = 2,021$ статистично не значимий. Довірчий інтервал $\gamma_b = 0,89; 1,04$; $\gamma_a = -0,19; 0,436$; підтверджує статистичну незначимість параметру b рівняння, так як нульова точка знаходиться у середині інтервалу.

Відбір операторів верстатів з ЧПК методом аналізу ієрархій на основі індексних оцінок та загальних оцінок інтегрованого показника.

Використанням методу лінійної згортки, методу аналізу ієрархій, методу мультиплікативної згортки відбору операторів верстатів з ЧПК доводить, що значно вищий рівень точності відбору забезпечується на основі використання індексних оцінок, отриманих за критеріями – індексу професійної компетентності ($I_{ПК}$) – Критерій №1, індексу якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$) – Критерій №2, у порівнянні з використанням експертних оцінок. Недолік цих критеріїв полягає у тому, що вони характеризують тільки взаємозв'язки елементів соціальної підсистеми системи ОВКП.

Вирахування інтегрованого показника якості взаємодії елементів соціальної, технічної та інформаційної підсистем системи ОВКП методом аналізу ієрархій ($I_{ЯВ}$) дозволяє здійснювати відбір операторів верстатів з ЧПК – це Критерій №3.

Дослідження впливу формувальних методів атестації на точність відбору операторів верстатів з ЧПК.

Використаними формувальними методами дослідження є методи формування якості професійної компетентності особистості, методи якості підготовки оператора верстата з ЧПК і методи якості його взаємодії з елементами технічної та інформаційної підсистем системи ОВКП. Вказані формувальні методи дозволяють установити факт впливу форм підготовки оператора верстата з ЧПК на точність його відбору.

Для доведення впливу методів формування на точність відбору операторів верстатів з ЧПК використовувалися дві групи операторів верстатів з ЧПК (пройшли – не пройшли), ранжування яких визначали методом лінійної згортки за двома критеріями: Індексом якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$) та Інтегрованим показником якості взаємодії оператора верстата з ЧПК з елементами технічної та інформаційної підсистем відкритої системи ($I_{ЯВ}$).

Емпірично встановлено, що сумарна величина розкиду рангових оцінок оператора верстата з ЧПК, які підвищили кваліфікаційний розряд, значимо менша у порівнянні з оцінками групи оператора верстата з ЧПК, які не пройшли атестацію.

Для дослідно-експериментальної перевірки гіпотези впливу методів формування на точність відбору операторів верстатів з ЧПК використовувалася вибірка 15 операторів верстатів з ЧПК. Для використання запропонованої технології на виробництві, де потрібно працювати з великими масивами даних операторів верстатів з ЧПК, які є у нашій базі даних, запропонованої технології недостатньо. Для цього необхідно створення нового математичного методу відбору операторів верстатів з ЧПК для роботи з великими вибірками досліджуваних.

Підвищення точності відбору операторів верстата з ЧПК методом лінійної згортки забезпечується впливом комплексу формувальних методів атестації, які реалізуються у процесах самонавчання, самопідготовки, програмованого навчання і контролю, обміну досвідом із іншими операторами верстатів з ЧПК, підвищення професійного досвіду у взаємодії з наставниками й іншими методами. Існування виявленої залежності підтверджується й іншими методами відбору на основі експертних та індексних оцінок інших груп операторів верстатів з ЧПК.

Значення сумарної величини розкиду оцінок для оцінювання точності відбору.

Для доведення переваги використання індексних оцінок при відборі операторів верстатів з ЧПК машинобудівних підприємств знайдено сумарну величину розкиду (R), окремо, на основі оцінок експертів, інтегрованих показників, індексних оцінок. Величини розкиду оцінок операторів верстатів з ЧПК за кожним критерієм відбору показані в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз розкиду оцінок для визначення точності відбору операторів верстатів з ЧПК

Показники методу розкиду оцінок (R_i) при відборі операторів верстатів з ЧПК на основі експертних оцінок, сумарного показника та індексних оцінок			
Оцінки експертів	Сумарний показник, який вираховується на основі експертних оцінок	Індекс професійної компетентності операторів верстатів з ЧПК ($I_{ПК}$)	Індекс якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$)
0,16	0,068	0,057	0,054

Використання формули вираховування сумарної величини розкиду оцінок для доведення точності відбору операторів верстатів з ЧПК дозволило установити, що сумарна величина розкиду індексних оцінок значно менша у порівнянні з експертними та інтегрованими оцінками.

Отримані результати доводять перевагу використання методів вираховування індексних оцінок та їх критеріїв для підвищення точності відбору операторів верстатів з ЧПК. Проведене дослідження показало, що для відбору операторів верстатів з ЧПК машинобудівних підприємств з великою базою даних операторів верстатів з ЧПК) достатньо використовувати один метод – лінійної згортки. За результатами відбору групи операторів верстатів з ЧПК на основі індексних оцінок подається їх список (див. табл. 3).

Таблиця 3

Результати відбору операторів верстатів з ЧПК 4 кваліфікаційного розряду ($n=9$) на основі індексних оцінок

Рангові місця	Номера операторів верстатів з ЧПК у списку	Назва підприємства	$I_{ПК}$	$I_{ЯП}$
1	Оператор № 9	Харківський машинобудівний завод	4,0	3,99
2	Оператор № 5	Полтавський машинобудівний завод	3,9	3,91
3	Оператор № 3	Харківський машинобудівний завод	3,9	3,90

Перевірка достовірності відбору операторів верстатів з ЧПК для виготовлення деталей на верстаті з ЧПК, які підвищили свій професійний розряд та які не пройшли атестацію, здійснювалася за критерієм Діксона, який висувався як додаткова умова Замовника. Вираховані значення критерію Діксона показують похибку на рівні значимості $\alpha=0,01$ при критичному значенні $r_{кр}=0,616$, що вказує на мінімальну похибку найбільш підготовлених операторів верстатів з ЧПК до виготовлення деталей на верстаті з ЧПК. Критерій Діксона дозволяє підтвердити

перевагу відбору операторів верстатів з ЧПК і правильність зайнятих ними перших-третьох рангових місць при вирішенні спірних питань із Замовником.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі вирішено актуальне науково-технічне завдання підвищення точності відбору операторів верстатів з ЧПК шляхом розробки інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК шляхом врахування різних видів оцінок: самооцінок, оцінок експертів, нормованих стандартних оцінок, об'єктивних оцінок та індексних оцінок, які вираховуються на їх основі. Це дозволило отримати наступні результати:

1. На основі змісту галузевого стандарту створено і апробовано список індикаторів професійної компетентності оператора верстата з ЧПК.

2. На відміну від існуючих індексів, розроблено метод вираховування індексу професійної компетентності оператора верстата з ЧПК ($I_{ПК}$) на основі об'єднання самооцінок і оцінок експертів та метод вираховування індексу якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$) – на основі об'єднання оцінок експертів і нормованих оцінок галузевого стандарту.

3. Розроблена інформаційна технологія оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК та їх відбору, реалізована у програмному комплексі, де використовуються діагностичні, математичні та формувальні методи. Це дозволяє підвищити зростання рівня індексу якості підготовки оператора верстата з ЧПК на 1,06 або у 1,25 рази.

4. Встановлено, значення точності відбору операторів верстатів з ЧПК методом лінійної згортки на основі їх індексних оцінок професійної компетентності особистості та якості підготовки операторів верстатів з ЧПК значно зростає, так як показник розкиду індексних оцінок найменший ($R_i=0,054$ та $R_i=0,057$) відповідно у порівнянні з експертними оцінками ($R_i=0,16$ та $R_i=0,07$).

5. Встановлено, що точність відбору операторів верстатів з ЧПК методом лінійної згортки, які підвищили кваліфікаційний розряд формувальними методами державної атестації значно зростає, так як за критерієм індексу якості підготовки сумарна величина розкиду оцінок операторів верстатів з ЧПК, які підвищили кваліфікаційний розряд значимо менша ($R_i = 0,071$) у порівнянні з оцінками групи операторів верстатів з ЧПК, які не пройшли атестацію ($R_i = 0,086$).

6. Розроблено і апробовано для впровадження інформаційну технологію оцінювання якості підготовки операторів верстатів з ЧПК та їх відбору.

7. Для подальшого удосконалення технології оцінювання відбору для середніх і великих вибірок операторів верстатів з ЧПК, бажано продовжити дослідження інтегрованого показника якості взаємодії оператора верстата з ЧПК з елементами технічної та інформаційної підсистем системи ОВКП як критерію їх ефективності.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. **Laktionov A.** Research of information maintenance technology of machine operator training quality assessment as the element of the system. *«Eureka: physics and engineering»*. №6 2018. P. 12–21.
2. **Laktionov A.** Application of index estimates for improving accuracy during selection of machine operators. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2019. №3. P. 18 –26.
3. **Лактіонов О. І.** Верстат з числовим програмним керуванням як об'єкт і суб'єкт управління. *Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво*. Луцьк. 2016. №24-25. С. 88–92.
4. **Лактіонов О. І.** Сутність і структура поняття «інформаційна технологія» відкритої змішаної системи. *Комп'ютерно-інтегровані технології : освіта, наука, виробництво*. 2017. №28. С. 60 – 65.
5. **Лактіонов О. І.** Модель оцінювання рівня професійної компетентності фахівців сучасних високотехнологічних виробничих процесів. *Технічні науки та технології*. Чернігів. 2015. №2. С. 168–174.
6. **Лактіонов О. І.** Індексна оцінка якості підготовки оператора верстата з числовим програмним керуванням (ЧПК). *Технічні науки та технології*. Чернігів. 2018. №3. С. 139–151.
7. **Лактіонов О. І.** Індекс професійної компетентності оператора верстата з числовим програмним керуванням. *Телекомунікаційні та інформаційні технології*. №3 2016. С.100–105.
8. **Лактіонов О. І.** Методика визначення ефективності інформаційної технології функціонування системи «Оператор – Верстат з числовим програмним керуванням». *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2017: тези доповідей Дванадцятої міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 26–29 червня 2017 р.)*. 2017. С. 199–203.
9. **Лактіонов О. І.** Підвищення ефективності інформаційної технології забезпечення функціонування системи «Оператор – Верстат – Числове програмне керування (ЧПК)» засобами атестації оператора верстата з ЧПК. *«Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика»: тези доповідей III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції (Полтава 4 грудня 2017 р.)*. 2017. С 13 – 16.
10. **Лактіонов О. І.** Взаємозв'язок ефективності інформаційної технології забезпечення функціонування відкритої змішаної системи з якістю виготовлення деталі. *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2018: тези доповідей Тринадцятої міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 25–29 червня 2018 р.)*. 2018. С. 148–154.
11. **Лактіонов О. І.** Ефективність інформаційної технології підтримки оцінювання якості підготовки операторів верстатів з числовим програмним керуванням. *«Електронні та мехатронні системи: теорія, інновації, практика»: тези доповідей IV міжнародної науково-практичної конференції (Полтава, 20–21 листопада, 2018 р.)*. 2018. С. 6–10.

12. **Лактіонов О. І.** Відбір операторів верстатів з числовим програмним керуванням на основі індексних оцінок. Тези доповідей 71-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 22 квітня – 17 травня 2019 р.). 2019. С. 11–12.

13. **Лактіонов О. І.** Залежність точності відбору верстатника методом лінійної згортки від зростання кваліфікаційного розряду *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2019: тези доповідей Чотирнадцятої міжнародної науково-практичної конференції* (Чернігів, 24–26 червня 2019 р.). 2019. С.71–76.

АНОТАЦІЯ

Лактіонов О.І. Інформаційна технологія оцінювання якості підготовки операторів верстатів з числовим програмним керуванням – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології». – Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, 2020.

Дисертація присвячена питанням розробки інформаційної технології оцінювання якості підготовки операторів верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), які є елементами системи «Оператор – Верстат з числовим програмним керуванням – Керуюча програма виготовлення деталі» (ОВКП). Система ОВКП складається з елементів та підсистем – соціальної (оператор верстата з ЧПК), технічної (верстат з ЧПК) та інформаційної підсистеми (керуюча програма виготовлення деталі на верстаті з ЧПК).

Для оцінювання діяльності оператора верстата з ЧПК використовуються самооцінки, оцінки експертів, нормовані оцінки галузевого стандарту, які отримуються на основі списку індикаторів професійної компетентності оператора верстата з ЧПК.

Ряди самооцінок та оцінок експертів, об'єднуються у Індекс професійної компетентності оператора верстата з ЧПК ($I_{ПК}$), який стійко фіксує міру єдності/розбалансованості свідомості і соціально-практичної діяльності особистості.

Оцінки експертів та нормовані оцінки, сформовані на основі змісту галузевого стандарту об'єднуються у Індекс якості підготовки оператора верстата з ЧПК ($I_{ЯП}$), який фіксує міру направленої відповідності оцінок фактично створених ним продуктів діяльності та нормативних оцінок-вимог до них.

Інформаційна технологія оцінювання якості підготовки операторів верстата з ЧПК та їх відбору згідно вимог Замовника щодо виготовлення деталей на верстаті з ЧПК базується на використанні обґрунтованого переліку діагностичних і математичних методів у взаємодії з формувальними методами, які входять у програмний комплекс.

Доведено, що відбір операторів верстатів з ЧПК з використанням методу лінійної згортки значно точніший, якщо проводиться на основі індексних оцінок, при порівнянні з експертними оцінками. Точність відбору операторів верстатів з

ЧПК методом лінійної згортки, які підвищили кваліфікаційний розряд формувальними методами державної атестації значно зростає.

Ключові слова: система «Оператор – Верстат з числовим програмним керуванням – Керуюча програма виготовлення деталі», самооцінки, оцінки експертів, нормовані оцінки, об'єктивні оцінки, індексні оцінки.

АННОТАЦІЯ

Лактионов А.И. Информационная технология оценки качества подготовки операторов станков с числовым программным управлением – Квалификационный научный труд на правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 «Информационные технологии». – Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, 2020.

Диссертация посвящена вопросам разработки информационной технологии оценки качества подготовки операторов станков с числовым программным управлением (ЧПУ), которые являются элементами системы «Оператор – Станок с числовым программным управлением – Управляющая программа изготовления детали" (ОСУП). Система ОСУП состоит из элементов и подсистем – социальной (оператор станка с ЧПУ), технической (станок с ЧПУ) и информационной подсистемы (управляющая программа изготовления детали на станке с ЧПУ).

Для оценки деятельности оператора станка с ЧПУ используются самооценки, оценки экспертов, нормированные оценки отраслевого стандарта, получаемые на основе списка индикаторов профессиональной компетентности оператора станка с ЧПУ.

Ряды самооценок и оценок экспертов, объединяются в Индекс профессиональной компетентности оператора станка с ЧПУ ($I_{ПК}$), который устойчиво фиксирует меру единства / разбалансированности сознания и социально-практической деятельности личности.

Оценки экспертов и нормированные оценки, сформированные на основе содержания отраслевого стандарта объединяются в Индекс качества подготовки оператора станка с ЧПУ ($I_{КП}$), который фиксирует меру направленной соответствия оценок фактически созданных им продуктов деятельности и нормативных оценок-требований к ним.

Информационная технология оценки качества подготовки операторов станка с ЧПУ и их отбора в соответствии с требованиями Заказчика по изготовлению деталей на станке с ЧПУ базируется на использовании обоснованного перечня диагностических и математических методов во взаимодействии с формовочными методами, которые входят в программный комплекс.

Доказано, что отбор операторов станков с ЧПУ с использованием метода линейной свертки значительно точнее, если проводится на основе индексных оценок, при сравнении с экспертными оценками. Точность отбора операторов станков с ЧПУ методом линейной свертки, которые повысили квалификационный разряд формовочными методами государственной аттестации значительно возрастает.

Ключевые слова: система «Оператор – Станок с числовым программным управлением – Управляющая программа изготовления детали», самооценки, оценки экспертов, нормированные оценки, объективные оценки, индексные оценки.

ANNOTATION

Laktionov O.I. Information technology for assessing the quality of training computer numerically controlled machine operators – Qualification scientific work as the manuscript.

A Thesis for a Candidate Degree of Technical Sciences in speciality 05.13.06 “Information Technologies”. – Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, 2020.

Dissertation is concerned with the issues of developing information technology for quality assessment of preparation of computer numerically controlled (CNC) machine operators, who are the parts of the system "Operator – Computer numerically controlled machine – Control program of manufacturing assembly parts". The system mentioned consists of the following elements and subsystems – social (CNC machine operator), technical (CNC machine) and information subsystem (control program for manufacturing assembly parts at CNC machine).

To evaluate the work of a CNC machine operator self-assessments, expert assessments, normalized industry standard estimates are used, which are obtained on the basis of a list of indicators applied to a CNC machine operator professional competence.

The ranks of self-assessments and expert assessments are combined into the CNC machine operator’s professional competency index, which firmly captures the measure of unity / imbalance of consciousness and social and practical activity of an individual.

Expert assessments and normalized estimates formed on the basis of the content of the industry standard are combined into the CNC machine operator’s quality score, which captures the degree of directional compliance of the assessments of the products actually produced by them and the regulatory assessments-requirements to them.

Information technology for assessing the quality of training of CNC machine operators and their selection according to customer requirements for the production at CNC machines is based on the use of a reasonable list of diagnostic and mathematical methods in interaction with the forming methods included in the software complex.

It has been proved that the selection of CNC machine operators using the linear convolution method is much more accurate, if carried out on the basis of index estimates, compared with expert estimates. The accuracy of the selection of CNC machine operators by the linear convolution method, who increased the qualification level by forming methods of state certification is significantly increasing.

Key words: "Operator – Computer numerically controlled machine – Control program of manufacturing assembly parts" system, self-assessments, expert assessments, normalized estimates, objective estimates, index estimates.