

**IMPROVEMENT OF TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS OF TOOL PREPARATION AT MANUFACTURING ENGINEERING PRODUCTION BY THE IMPROVEMENT OF REGULATORY BASIS**

**ПІДВИЩЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА ШЛЯХОМ ВДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ**

**Viliam Zaloga<sup>1</sup>**

**Yuliia Denysenko<sup>2</sup>**

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-588-15-0-54>

**Abstract.** One of the most important areas of activity of manufacturing engineering production is its tool preparation (TP), the purpose of which is to provide all (without exception) processes that accompany the production and sale of products with the necessary tools and equipment. Therefore, improving the regulatory framework for the management and quality assessment of TP is in the context of the functioning of information technology is an urgent scientific and applied task, the solution of which will improve the efficiency of production, including increasing reliability, reducing costs and reducing the time to prepare the engineering enterprise in the field of tooling. In today's market relations, an efficient enterprise and competitive advantages can only be provided by an efficient system of managing its production activity based on the widespread use of modern information technologies, which is an important source of improving the effectiveness of the decisions made, productivity and competitiveness of production. The aim is to increase the efficiency of the system of TP of engineering enterprises by improving its regulatory support on the basis of forecasting its technical and economic indicators (TEI) in the conditions

---

<sup>1</sup> Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Head of Department of Manufacturing Engineering, Machines and Tools,  
Sumy State University, Ukraine

<sup>2</sup> Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer,  
Sumy State University, Ukraine

of use of modern information technologies. One of the main tasks of the research is to develop mechanisms and toolkits to create a model of TP quality management in the context of information technologies, based on the application of forecasting and optimization methods. The object of the research is the quality management system of the tool preparation. The subject of the research is to ensure regulatory of TP quality management in the conditions of introduction of information technologies. Theoretical studies are based on the use of TQM principles in managing the quality of the TP information system (ISTP). Fundamental provisions of the basics of the theory of quality management, the theory of decision making, quality-metry and others were used to solve scientific problems. For the first time, the model of information system of TP quality management at engineering enterprise is proposed on the basis of the analysis of the toolkits adopted in CALS technologies at each stage of the life cycle of the corresponding products, which allows to identify information flows using modern information technologies. The features of TP of machine-building enterprises, which became a prerequisite for the development of common methods in making decisions about the quality of its processes, are defined in the paper. The paper presents a unified model of decision making in the field of quality of processes of ISTP with a dimensionless scale of evaluation, which allows to evaluate processes under one of two conditions, depending on the TEI of processes and the cost of quality of ISTP processes. Taking into account the requirements of ISTP, the TEI system was proposed on three grounds of optimality and the classification of costs for the quality of ISTP processes was developed, which significantly improves the efficiency of its functioning. The algorithm of introduction of ISTP in an engineering enterprise is scientifically substantiated and developed. It is shown that the proposed regulatory and methodological support allows for each engineering enterprise to develop a quality management system of ISTP taking into account the specificity of the enterprise, the totality of technological processes, the nature of technological equipment, and other production features.

### 1. Вступ

В умовах ринкових відносин сучасному машинобудівному підприємству ефективне функціонування й конкурентні переваги може забезпечити тільки ефективна система управління його виробничою діяль-

ністю. Сьогодні підприємство саме повинне визначати й прогнозувати, вміти швидко, а головне правильно реагувати на будь-які зміни в зовнішньому й внутрішньому середовищі, і відповідно до них корегувати свою діяльність. Ускладнення виробництва, супроводжуване ростом складності розв'язуваних завдань і підвищенням втрат від неточного й несвоєчасного прийняття рішень, висуває необхідність удосконалювання методів оперативного управління виробництвом.

У комплексі процесів виробництва на сучасних машинобудівних підприємствах важливу роль відіграє інструментальна підготовка виробництва, тому що від якості й прогресивності інструмента й оснащення, своєчасного забезпечення ними робочих місць залежить і ефективність діяльності підприємства в цілому. Це пов'язане з тим, що витрати на науково-технічне оснащення в масовому виробництві досягають 25-30% ціни устаткування, у великосерійному – 10-15%, у дрібносерійному й одиничному – у межах 5%. Частка витрат на оснащення в собівартості досягає відповідно 4, 6, 8 і 15%. Розмір капіталовкладень в інструмент і оснащення коливається від 15 до 40% від суми коштів підприємства.

Крім того, трудомісткість проектування й виготовлення комплексу необхідного інструменту та технологічного оснащення (ТО) в загальних витратах на технологічну підготовку виробництва нових виробів машинобудівної галузі становить до 80% [1].

Специфіка ІПВ обумовлюється тим, що на сучасних підприємствах застосовується оснащення десятків і сотень тисяч найменувань, що у свою чергу в сотні раз перевищує номенклатуру виробів, що випускаються. В інструментальному господарстві задіяно безліч відділів і цехів, які займаються проектуванням, виробництвом, закупівлею, ремонтом і відновленням оснащення, доставкою її на робоче місце тощо. Це спричиняє складності як у забезпеченні оснащенням основного виробництва, так і в моніторингу процесів системи ІПВ, особливо в умовах оперативного управління основним виробництвом.

Наведені дані дають уявлення про важливість управління процесами ІПВ для досягнення ефективної роботи машинобудівного підприємства.

Таким чином, керівництво сучасних підприємств, перебуваючи в пошуку нових підходів у управлінні й підвищенні якості прийнятих рішень, натрапляє на граничні можливості застосовуваних методів і алгоритмів.

Інструментальне виробництво в наш час є одним із основних споживачів ринку CAD/CAM-систем і послуг (до 30%) [2, с. 23]. Це положення вимагає підвищеного уваги й створює передумови для використання одного з перспективних шляхів – застосування інформаційних технологій.

Сучасні інформаційні технології є важливим джерелом підвищення ефективності прийнятих рішень, продуктивності й конкурентоспроможності. Їхнє застосування пов'язане з одержанням і обробкою інформації про внутрішні матеріальні потоки, характеристики виробничих процесів, контролі ходу виробництва, випуску готової продукції, вантажних відправлень, параметрах замовлень і інших характеристиках.

Тому вдосконалення нормативного забезпечення управління й оцінки якості ППВ в умовах функціонування інформаційних технологій є актуальним науково-прикладним завданням, вирішення якого забезпечить підвищення ефективності виробництва, включаючи підвищення надійності, зниження витрат і скорочення часу на підготовку машинобудівного підприємства з питань інструментального забезпечення.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності системи інструментальної підготовки виробництва машинобудівних підприємств шляхом удосконалення її нормативного забезпечення на основі прогнозування її техніко-економічних показників (ТЕП) в умовах використання сучасних інформаційних технологій.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано і вирішено наступні **задачі дослідження**:

- проаналізувати сучасний стан нормативного забезпечення процесів управління й оцінювання якості ППВ та впровадження сучасних інформаційних технологій при інструментозабезпеченні машинобудівних підприємств;

- проаналізувати сучасні методи прогнозування й розробити рекомендації щодо їх раціонального вибору для управління якістю процесів життєвого циклу ППВ;

- розробити механізми й інструментарії створення моделі управління якістю ППВ в умовах інформаційних технологій, що базуються на застосуванні методів прогнозування й оптимізації;

- розробити принципи побудови нормативного забезпечення якості процесів ППВ на основі запропонованої прогнозно-оптимізаційної моделі управління якістю;

– провести апробацію запропонованих рекомендацій і розроблених методик у виробничих умовах.

**Об'єкт дослідження:** система управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва.

**Предмет дослідження:** нормативне забезпечення управління якістю ІПВ в умовах впровадження інформаційних технологій.

**Методи дослідження:** Теоретичні дослідження базуються на використанні принципів TQM при управлінні якістю інформаційної системи ІПВ (ІС ІПВ). Для вирішення наукових завдань були використані фундаментальні положення основ теорії управління якістю, теорії ухвалення рішень, кваліметрії, технології машинобудування й інструментального виробництва. Для аналізу, збору та обробки інформації використовувалися методи статистичного аналізу і експертних оцінок.

Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій підтверджена експериментальними дослідженнями, які реалізувалися за допомогою існуючих методів обробки статистичних даних, кваліметрії та сучасного програмного забезпечення.

**Наукова новизна одержаних результатів** полягає в удосконаленні наукових підходів до управління якістю інструментальної підготовки виробництва промислових підприємств в умовах сучасних інформаційних технологій. Це базується на наступних наукових розробках.

Вперше:

– на основі узагальнення вітчизняного та зарубіжного досвіду з управління якістю продукції і процесів машинобудівних підприємств та логіко-структурного аналізу отриманої інформації запропонована система ТЕП ІПВ, яка дозволяє організувати ефективну систему збору, опрацювання й ефективного використання техніко-економічної інформації у конкретних виробничих умовах;

– запропоновано модель інформаційної системи управління якістю інструментальної підготовки виробництва машинобудівного підприємства на основі аналізу прийнятих у CALS-технологіях інструментаріїв на кожному етапі життєвого циклу відповідної продукції, яка дозволяє ідентифікувати інформаційні потоки з використанням інформаційних технологій;

– запропоновано узагальнений показник інформаційної системи ІПВ, який дозволяє оцінити результативність та ефективність функціо-

нування даної системи у відповідності з виконанням вимог міжнародних стандартів на системи управління (ISO 9001, OHSAS 18001 і т.д.);

Одержали подальший розвиток:

– підхід до класифікації витрат на якість ІС ППВ машинобудівного підприємства, що дозволило з урахуванням запропонованої типової моделі управління якістю ІС ППВ в умовах функціонування інформаційних технологій виділити статті витрат на якість процесів ППВ та розробити універсальну класифікацію витрат на якість, підприємств машинобудівної галузі;

– підхід до побудови шкал оцінювання ТЕП, що дозволяє шляхом застосування нечітких множин мати можливість узгоджувати неоднорідні ТЕП ІС ППВ в умовах використання єдиного інформаційного простору;

– модель вибору раціональних рішень з управління якістю інструментальної підготовки виробництва машинобудівного підприємства, яка дозволяє на основі використання теорії оптимізації на графі прогнозувати витрати на інструментальне забезпечення основного виробництва з урахуванням виконання обмежень за рівнем якості технологічного оснащення та інструменту по розташовуваним матеріальним і тимчасовим ресурсам в умовах впровадження інформаційних технологій (трирівнева система прийняття раціональних рішень).

**Практичне значення одержаних результатів.** Запропонований коефіцієнт сталого розвитку процесів ІС ППВ, який базується на використанні статистичних даних, дозволяє врахувати фактори, що впливають на ефективне функціонування ІС ППВ.

Розроблені: «Типова методика прийняття рішень з управління процесами якістю ІС ППВ багатомономенклатурних машинобудівних підприємств», СОУ «Експлуатація технологічного оснащення в умовах функціонування інформаційних систем», а також СОУ «Інструментальна підготовка виробництва в інформаційній системі управління», які є універсальними нормативними документами та базуються на використанні принципів TQM з врахуванням основних засад функціонування CALS-технологій.

Результати досліджень використано для вдосконалення процесу управління якістю процесів ІС ППВ на ПАТ «Сумське машинобудівне науково-виробниче об'єднання», ВАТ НВП «Насостехкомплект» та показників

навчального процесу СумДУ при розробці навчальних дисциплін: «Системи управління якістю» та «Управління інформаційними зв'язками» для студентів спеціальності «Якість, стандартизація та сертифікація».

## 2. Сучасний стан проблеми управління якістю процесів ППВ

Огляд сучасних підходів до створення та використання систем ППВ та ІС ППВ в Україні досить детально викладено в роботах О.В. Івченко [3, с. 15-38; 4, с. 239], І.В. Костюка [5, с. 10], О.Д. Динник [6, с. 65] та інших. Їх вивченням займаються ряд вчених, наприклад, А.І. Левін [7, с. 612]. Інформаційному забезпеченню на промислових підприємствах присвячені роботи В.О. Вайсмана [8, с. 10], В.А. Окулесьського [9, с. 7], Н.О. Чорної [10, с. 97] та інших. На основі аналізу праць вказаних та інших вчених, а також нормативного забезпечення інформаційних систем управління підприємством визначено сучасний стан проблеми управління ППВ на вітчизняних підприємствах.

У ході проведених досліджень було встановлено, що сучасні інформаційні системи розглядають ППВ, як матеріальний ресурс, і майже не враховують, що на вітчизняних машинобудівних підприємствах хоч постійно і зростає питома вага покупних інструментів та інструментального оснащення, ще значну частину інструментального господарства займає інструмент і оснащення власного виготовлення. Отже, у такому випадку можуть бути застосовні принципи управління підприємством в цілому, тобто модулі CALS-технологій [11; 12, с. 58], що стосуються кожного етапу ЖЦ продукції й забезпечення її якості, враховуючи вказану специфіку ППВ.

Крім того, вимоги й принципи до систем ERP і інших інструментів CALS-технологій, як правило, не забезпечують аналізу можливих ризиків і попередження збоїв. Тому, одним з напрямків по поліпшенню діяльності машинобудівного підприємства, пов'язаної з інструментозабезпеченням, є розробка нормативного забезпечення системи ППВ на основі впровадження інформаційних технологій при можливості застосування на їх базі методів прогнозування й оптимізації відповідних процесів в системі ППВ.

В розвиток методологій прогнозування якості процесів зробили вклад такі вчені, як: Дж. Бокс та Г. Дженкінс [13, с. 18], І.В. Антохонова [14, с. 8], Дж. Ханк, А. Райз та Дін Уічерн [15, с. 83] та інші. На основі праць зазначених вчених та узагальнення світового та вітчизняного досвіду представлена класифікація методів прогнозування по ступеню формалізації.

Також аналіз сучасних тенденцій у управлінні підприємством показав, що нормативне забезпечення системи ІПВ в умовах застосування сучасних досягнень в області інформаційної підтримки виробництва повинне не тільки забезпечувати вимоги й принципи стандартів CALS-технологій, але й враховувати вимоги й принципи стандарту ДСТУ EN ISO 9001:2018. Впровадження цих стандартів спонукає сучасні підприємства України чітко контролювати витрати на підприємстві. Важливим елементом системи управління витратами на підприємстві є аналіз і оцінка витрат на якість його процесів. Тому в розділі були проаналізовані підходи до визначення витрат на якість, що були запропоновані Г.Г. Азгальдовим [16, с. 16, 54], Дж. Джураном, Ф.Б. Кросбі [17; 18, с. 17], А.В. Фейгенбаумом [19, с. 18] та ін. Узагальнивши вітчизняний та зарубіжний досвід в управлінні витратами на якість були виділені основні системи класифікації витрат на якість.

Таким чином, здійснений аналіз сучасних інформаційних систем управління, методів прогнозування та систем класифікацій витрат на якість вказує на актуальність розробки методів, алгоритмів та методик управління ІПВ, які б були застосовні на всіх процесах життєвого циклу системи, та враховували усі значущі на певному етапі показники функціонування процесів.

### **3. Розроблення моделі управління якістю ІПВ**

Для організації ефективного управління процесами ІПВ необхідно обов'язково розробляти, впроваджувати й підтримувати інформаційну систему управління якістю ІПВ. Загальна модель інформаційної системи управління ІС ІПВ, яка розроблена відповідно до вимог ДСТУ EN ISO 9001:2018 (рис. 1а), поєднує процеси життєвого циклу інструменту та оснащення, управління ресурсами ІПВ, виміру, її аналізу й поліпшення (як на тактичному, так і на оперативному рівнях) у єдиному інформаційному просторі. Разом з тим, для сучасних багатоменклатурних промислових підприємств, особливо машинобудівного профілю, з метою підвищення ефективності інструментозабезпечення нагальним є питання розробки та впровадження системи управління ІПВ підприємства на основі процесного підходу. В роботі запропоновані концептуальна модель інформаційної системи управління якістю ІПВ (ІС ІПВ) саме з позиції процесного підходу, яка представлена на



рис. 1б у вигляді трьох взаємозалежних моделей систем ІПВ: організаційної, інформаційної та управління якістю.

Окрім створення та впровадження систем управління різними видами діяльності (системи управління якістю, системи управління охороною навколишнього середовища та ін.) є доцільним розроблення системи техніко-економічних показників саме для ІС ІПВ (далі – ТЕП) [20, с. 62; 21, с. 79].

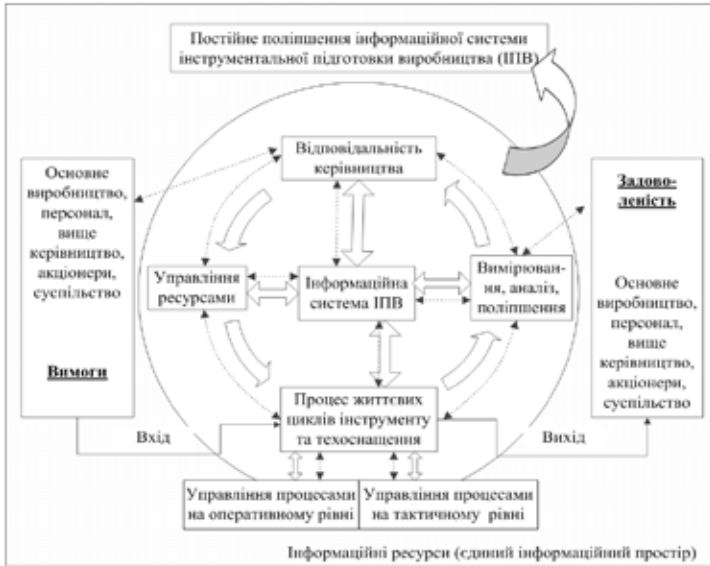
Ці ТЕП повинні бути: значущі, пов'язані з іншими показниками в системі управління виробництвом основної продукції, прості та вимірні та щоб їх можна було порівнювати з аналогічними показниками інших підрозділів підприємства.

Тому в роботі запропоновано розподіл ТЕП ІС ІПВ за видами діяльності: організаційно-економічні, виробничі, управління якістю, екологічні та соціальні.

Окрім видів діяльності зазначені ТЕП рекомендовано класифікувати за рівнем управління процесами ІС ІПВ – ТЕП організаційного та тактичного рівнів, – а також за результируючим оптимальним значенням ТЕП: відносні, що знаходяться в інтервалі 0 – 1 (оптимальне значення 1); ТЕП, що визначаються згідно логічних суджень експертів.

Впровадження міжнародного стандарту ДСТУ EN ISO 9001:2018 і побудова промислового виробництва на базі процесного підходу в умовах функціонування інформаційних технологій спонукає сучасні підприємства улюбий необхідний час контролювати витрати фінансових ресурсів на підприємстві. Тому, одними із важливих елементів створюваної системи ТЕП на підприємстві є процеси аналізу і оцінки витрат на якість ІПВ. Чіткий та повний зміст запропонованої класифікації забезпечує основу аналізу та моделювання інформаційних потоків ІПВ, що є дієвим інструментом з реалізації циклу Джурана-Демінга. Крім того, необхідність класифікації витрат обумовлена неоднорідністю різних видів витрат за складом, змістом, роллю у виробничому процесі, зв'язку з обсягом виробництва та ін. Показано, що класифікацію витрат на якість процесів ІПВ, побудовану на вказаних принципах, можна ефективно використовувати в управлінні ІС ІПВ.

Розроблена система класифікації витрат на якість процесів ІС ІПВ базується на принципах: істотності і стабільності; стандартизації; пристосовності; причинно-наслідкового зв'язку.



<-----> – Інформаційні потоки  
 <====> – Діяльність, що створює додану вартість

а)



б)

Рис. 1. Загальна модель інформаційної системи управління ІС ІПВ (а) та концептуальна модель системи управління ІПВ в умовах застосування інформаційних технологій (б)

Для проектування класифікації запропоновано використовувати метод ранжування експертних оцінок, який грає роль з'єднувальної ланки між умовами реального процесу ІС ІПВ та оптимальною системою класифікації витрат. На рис. 2 представлений фрагмент класифікація витрат, розробленої на основі проведених досліджень з опитування восьми експертів за розробленою у роботі методикою.

Однією з переваг запропонованої моделі ІС ІПВ, яка відповідає вимогам стандартів CALS-технологій, є створення єдиного інформаційного простору, що значно спрощує обмін інформацією, а також збір необхідних даних. Крім того, системи управління, що базуються на принципах CALS-технологій дозволяють створювати великі масиви вихідних даних в найкоротші строки. Інформація, що отримується про ТЕП з баз даних ІС ІПВ, є відмінною основою для прийняття стратегічно важливих для керівників рішень в області якості. В основі прийняття рішення пропонується цільова функція оптимізації – функція визначення коефіцієнта сталого розвитку ІС ІПВ –  $K_{ст}$ .

Цільова функція має вигляд:

$$K_{ст} = Q_{я} \cdot \sum_{j=1}^m \sqrt[6]{\left( \frac{B_{\sigma}}{\sum_{j=1}^m B_j} \right)^{\gamma_1}} \cdot K_{oj}^{\gamma_2} \cdot K_{ej}^{\gamma_3} \cdot K_{aj}^{\gamma_4} \cdot K_{ej}^{\gamma_5} \cdot K_{cj}^{\gamma_6} \rightarrow \min \quad (1)$$

де  $Q_{я}$  – показник якості процесу ІС ІПВ;  $B_j$  – витрати на якість процесів ІПВ;  $B_{\sigma}$  – базовий показник витрат на якість процесів ІПВ;  $K_o$ ,  $K_a$ ,  $K_e$ ,  $K_c$  – коефіцієнти комплексних ТЕП, відповідно: організаційно-технічний, виробничий, якості процесів ІПВ, екологічний та соціальний, які розраховуються для кожного процесу життєвого циклу ІПВ;  $\gamma_1 \dots \gamma_6$  – показники вагомості відповідних комплексних ТЕП.

Алгоритм прийняття рішень в запропонованій ІС ІПВ показаний на рисунку 3. В основі цього алгоритму лежить процес прийняття рішень в ІС ІПВ, який забезпечує виконання двох найбільш розповсюджених умов: виконання діяльності з мінімальними витратами (найбільш розповсюджена умова) та мінімізація часу виконання встановлених в ІС ІПВ задач. Тому в для прийняття рішень вибору раціональної стратегії по забезпеченню ТО передбачене виконання двох взаємовиключних блоків (блоки 3 і 4). При виконанні блоку 3 (перша умова) цільовою

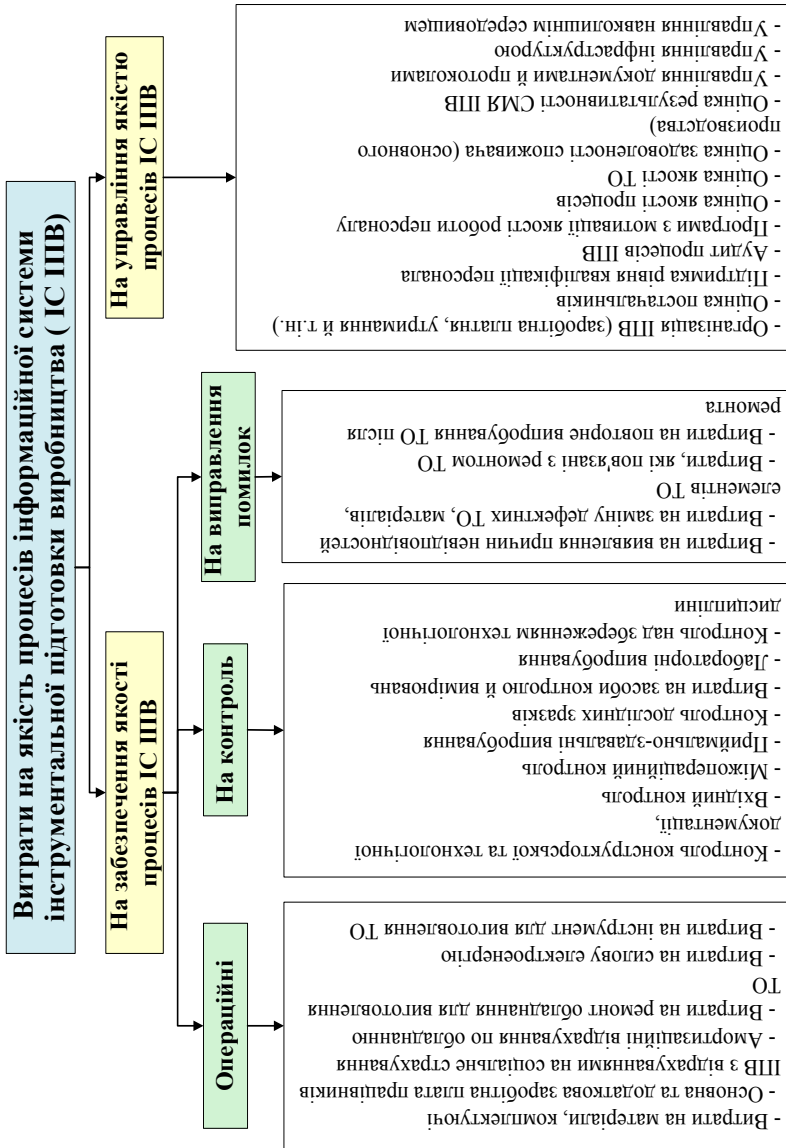


Рис. 2. Класифікація витрат на якість процесів ІПВ

функцією виступає коефіцієнт сталого розвитку ІС ІПВ, а час – одна із обмежуючих умов. При виконанні блоку 4 (друга умова) цільовою функцією є мінімізація часу при одній із обмежуючих умов – коефіцієнт сталого розвитку ІС ІПВ. Задача прийняття раціональних рішень зводиться до застосування методу оптимізації на графі – знаходження найкоротшого шляху. Основним при вирішенні задачі знаходження найкоротшого шляху є алгоритм Дейкстри, який вважається одним з найбільш ефективних алгоритмів при вирішенні завдання знаходження на графі найкоротшого шляху між двома виділеними вершинами.

Блок 5 (рис. 3) передбачає обчислення ймовірності реалізації обраної стратегії з допомогою застосування теорії марківських ланцюгів. Якщо значення розрахованої ймовірності менше рівня, який задовольняє особу, що приймає рішення, в такому разі необхідно розглянути альтернативні стратегії перебігу процесів ІС ІПВ.

У блоці 6 на основі отриманої з блоків 3, 4 та 5 інформації, особа, що приймає рішення, обирає рекомендовану стратегію розвитку процесів ІС ІПВ.

Необхідно відмітити, що з метою підвищення ТЕП ІС ІПВ при застосуванні запропонованої моделі передбачено визначення раціональної стратегії при підстановці ТЕП ІС ІПВ із підвищеними значеннями.

У зв'язку з можливою неузгодженістю між різними ТЕП (різні критерії, різні розмірності тощо) у запропонованій класифікації для визначення коефіцієнту сталого розвитку запропоновано проводити їх нормалізацію, тобто переводити в безрозмірні величини – бали (табл. 1) у відповідності зі значенням лінгвістичної змінної ТЕП (рис. 4).

Таблиця 1

**Шкала оцінювання ТЕП процесів ІС ІПВ**

<b>Значення ТЕП</b>	<b>Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»</b>	<b>Бал</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
$0 \leq u \leq 0,2$	Дуже добре	1
$0,2 < u \leq 0,34$	Добре	2
$0,34 < u \leq 0,66$	Задовільно	3
$0,66 < u \leq 0,8$	Погано	4
$0,8 < u \leq 1$	Дуже погано	5

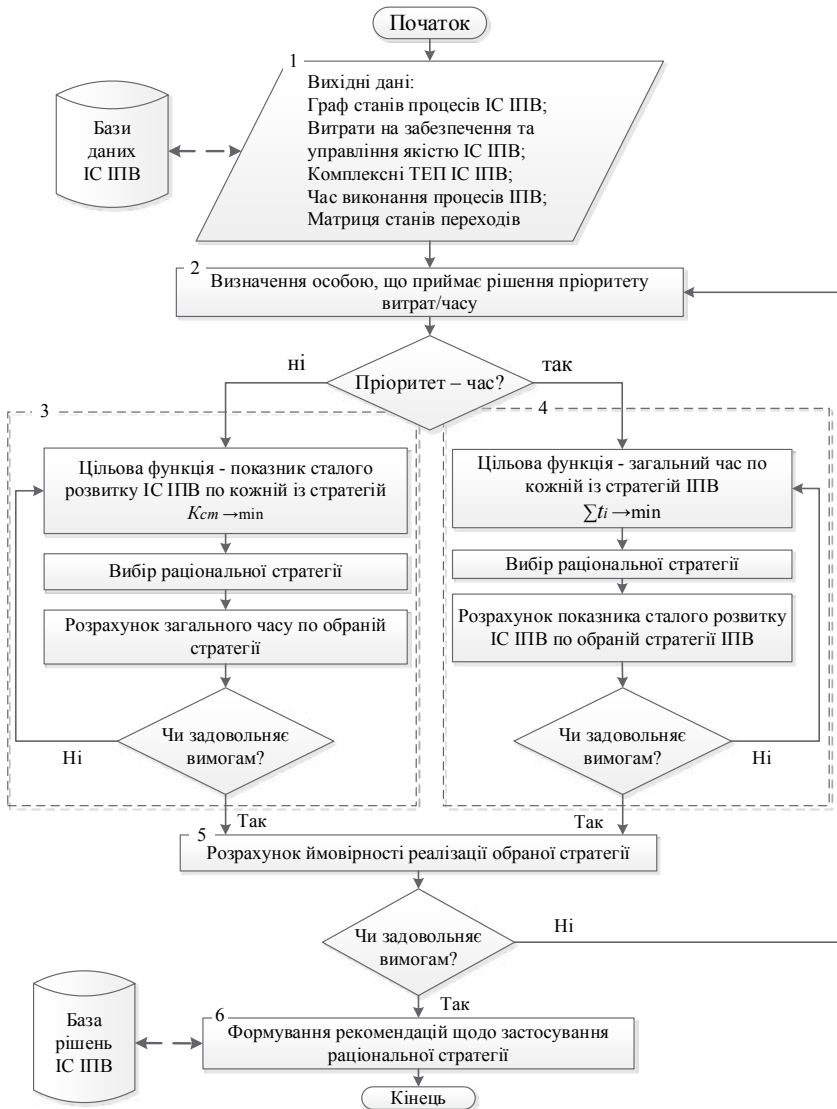


Рис. 3. Блок-схема реалізації математичної моделі щодо прийняття рішень в ІС ІПВ

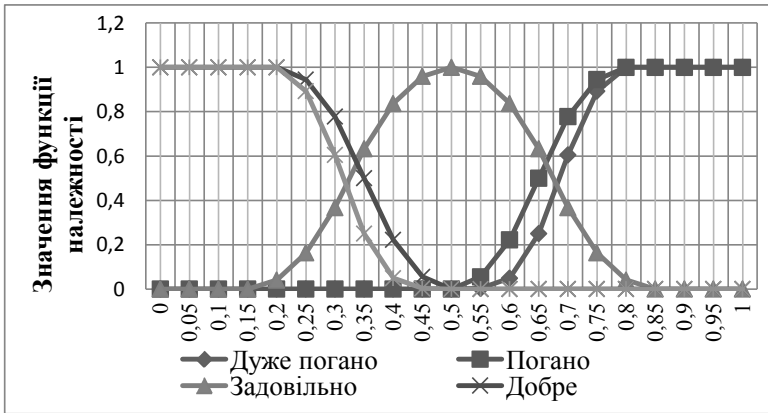


Рис. 4. Графічне зображення лінгвістичної змінної «ТЕП»

#### 4. Аналіз основних етапів алгоритму прийняття рішень в ІС ПІВ

Єдину шкалу нормалізації ТЕП системи ПІВ запропоновано розробляти на основі застосування теорії нечітких множин. Методика застосування математичного апарату теорії нечітких множин включає такі основні етапи: виділення параметрів, які характеризують досліджувану систему; визначення і формалізація лінгвістичних оцінок параметрів (фазифікація); побудова нечіткої бази знань про взаємозв'язки між параметрами; реалізація нечіткого логічного висновку про вплив вхідних параметрів на вихідні фактори; перетворення нечіткого логічного рішення в чітке значення (дефазифікація).

За основу взята шкала Харрінгтона, яка при прийнятті багатьох рішень дозволяє оцінювати будь-який показник за його наступними рівнями: дуже добре – 1; добре – 2; задовільно – 3; погано – 4; дуже погано – 5. Побудова функцій належності за зазначеними рівнями дає можливість графічно зобразити лінгвістичну змінну «ТЕП», як показано на рис. 4 та побудувати нормалізовану шкалу оцінювання ТЕП щодо кожного процесу життєвого циклу ІС ПІВ

Алгоритм прийняття рішень в ІС ПІВ складається з наступних основних етапів.

1. Визначення вихідних даних. Вихідні дані формуються в єдиній базі даних інформаційної системи підприємства.

Вихідними даними для прийняття раціонального рішення щодо процесів ІС ІПВ є прогнозовані значення витрат на забезпечення та управління якістю ІС ІПВ (на основі застосування раціональних методів прогнозування (рис.3) та комплексних техніко-економічних показників ІС ІПВ (виражених в балах), прогнозний час виконання процесів ІС ІПВ, а також матриця переходів станів процесів ІС ІПВ.

## 2. Побудова моделі станів процесів ІС ІПВ.

Модель управління ІС ІПВ, представляється у вигляді орієнтованого графу  $G(S, t)$ , де  $S$  – впорядковані пари вершин, а  $t$  – це дуги, що їх з'єднують [22, с. 11].

Граф станів процесів ІС ІПВ представлений на рис. 5.

3. Визначення пріоритету «стійкість ІС ІПВ/час» особою, що приймає рішення.

Прийняття рішень засновується на виконанні двох умов:

а) виконання діяльності з мінімальними витратами (найбільш розповсюджена умова);

б) мінімізація часу виконання встановлених задач в ІС ІПВ.

Для прийняття рішень вибору раціональної стратегії по забезпеченню ТО передбачене виконання двох взаємно виключних блоків (рис. 3) – блок 3 для умови а) і блок 4 для умови б).

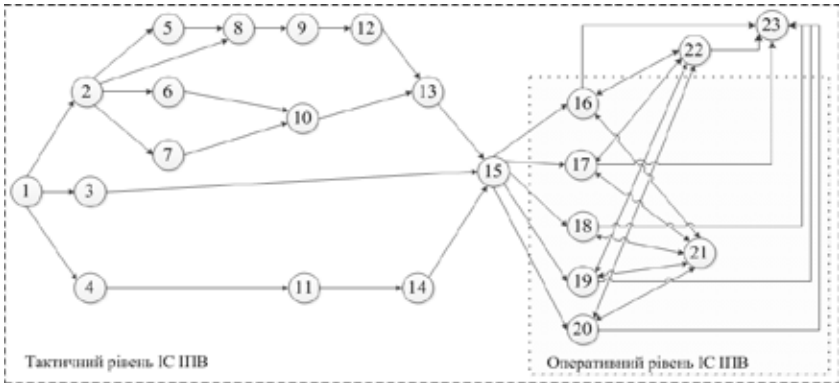
Прийняття раціонального рішення проводиться методом оптимізації на графі з застосуванням алгоритму Дейкстри.

Блок 3 реалізує стратегію виконання діяльності з мінімальними витратами при забезпеченні необхідного рівня ТЕП ІС ІПВ, тобто реалізує стратегію забезпечення сталого розвитку ІПВ. Для виконання блоку 3 цільова функція оптимізації – функція визначення коефіцієнта сталого розвитку ІС ІПВ, який визначається за формулою цільової функції (1), в якій коефіцієнти  $K_o, K_e, K_p, K_s, K_c$  розраховуються для кожного процесу життєвого циклу ІПВ за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n (k_i)^{\frac{1}{n}},$$

Блок 3 реалізує стратегію виконання діяльності з мінімальними витратами при забезпеченні необхідного рівня ТЕП ІС ІПВ, тобто реалізує стратегію забезпечення сталого розвитку ІПВ. Для виконання блоку 3 цільова функція оптимізації – функція визначення коефіцієнта





- 1 – виявлення потреб в ТО, її уніфікації та нормативному забезпеченні;
- 2 – прийняття рішення про виготовлення, модернізацію ТО чи використання збірного ТО; 3 – прийняття рішення про використання ТО, що є в наявності;
- 4 – прийняття рішення про закупівлю уніфікованого ТО; 5 – розроблення проекту на виготовлення ТО; 6 – розроблення проекту на модернізацію ТО;
- 7 – розроблення проекту на складання ТО; 8 – підготовка плану випуску ТО;
- 9 – закупівля матеріалів; 10 – закупівля комплектуючих; 11 – закупівля ТО;
- 12 – виготовлення ТО; 13 – приймально-здавальні випробування ТО;
- 14 – приймальні випробування ТО; 15 – зберігання ТО; 16 – прокат виготовленого ТО; 17 – прокат модернізованого ТО; 18 – прокат збірного ТО;
- 19 – прокат ТО, що є в наявності; 20 – прокат придбаного ТО;
- 21 – централізоване заточування інструменту; 22 – ремонт ТО; 23 – утилізація ТО.

**Рис. 5. Граф станів процесів ІС ІПВ**

сталого розвитку ІС ІПВ, який визначається за формулою цільової функції (1), в якій коефіцієнти  $K_o, K_e, K_y, K_c, K_c$  розраховуються для кожного процесу життєвого циклу ІПВ за формулою:

Витрати на процес життєвого циклу ТО приймаються на одиницю ТО, тобто планові витрати на якість процесів ІС ІПВ розраховуються за формулою:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^m (B_{zi} + B_{yi})}{K_{TO}}, \quad (2)$$

- де  $B_{zi}$  – плановані витрати на забезпечення якості процесу ІПВ;
- $B_{yi}$  – плановані витрати на управління якістю процесу ІПВ;
- m – кількість статей калькуляції витрат на якість процесу ІПВ;
- $K_{TO}$  – кількість ТО, щодо процесу ЖЦ якого приймається рішення.

**Примітка 4.** На тактичному рівні ІС ІПВ кожен процес спонукає витрати, які несуть негативну цінність, а на оперативному рівні, навпаки. Тому для оперативного рівня ІПВ пропонується відносити витрати на якість процесів ІПВ до кількості ремонтів чи переточувань.

Хоча процес переточування інструменту чи ремонту ТО і несе за собою витрати на якість, збільшення кількості переточувань збільшує цінність інструменту (збільшується строк окупності витрат, які закладені в виготовлення чи придбання ТО).

Таблиця 2

**Система ТЕП на тактичному рівні**

ТЕП за видами діяльності	ТЕП за результуючим оптимальним значенням		
	Які прямують до 1	Які мають оптимальне абсолютне значення	Визначаються згідно логічних суджень експертів
Організаційно-економічні	<ul style="list-style-type: none"> <li>– капіталовіддача;</li> <li>– матеріаловіддача;</li> <li>– показник використання робочого часу виробничих робітників.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– капіталомісткість;</li> <li>– матеріаломісткість;</li> <li>– обсяг виготовленої ТО;</li> <li>– енергомісткість ТО;</li> <li>– собівартість ТО;</li> <li>– середньомісячна заробітна плата робітників ІС ІПВ;</li> <li>– продуктивність праці.</li> </ul>	–
Виробничі	<ul style="list-style-type: none"> <li>– використання обладнання;</li> <li>– використання виробничих площ;</li> <li>– диференціації ІВ;</li> <li>– безперервності ІВ;</li> <li>– повторюваності ІВ;</li> <li>– паралельності ІВ;</li> <li>– прямоочності ІВ;</li> <li>– універсальності ІВ;</li> <li>– гнучкості ІВ;</li> <li>– автоматизації ІВ;</li> <li>– рівень дефективності ТО.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– прогресивності структури обладнання;</li> <li>– використання площ складу ІРК;</li> <li>– спеціалізації ІВ;</li> <li>– пропорційності ІВ;</li> <li>– механізації інструментального виробництва;</li> <li>– коефіцієнт використання виробничої потужності;</li> <li>– коефіцієнт дублювання функцій.</li> </ul>	–

Закінчення таблиці 1

<p>Якості</p>	<p>– витрати на якість процесів ІС ІПВ; – коефіцієнт стандартизації ІПВ; – показник уніфікації ІВ; – показник прогресивності ТП ІВ; – технологічний коефіцієнт точності ТП – рівень стандартизації ТО. – рівень нормативного забезпечення.</p>	<p>–</p>	<p>– показник якості технічної документації по ІС ІПВ; – рівень якості ТО.</p>
<p>Соціальні</p>	<p>– показник зайнятості персоналу; – показник рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпечністю. – рівень потенційної небезпечності технологічних процесів ТО для навколишнього середовища;</p>	<p>– показник функціонального розподілу праці ІТР та службовців системи ІПВ.</p>	<p>– рівень інструктажу персоналу; – рівень нормативної документації в сфері охорони праці; – показник наявності використання засобів індивідуального захисту; – рівень потенційної небезпечності; – рівень планування і контролю заходів.</p>
<p>Екологічні</p>	<p>– частка скорочення обсягів викидів від загального обсягу; – зменшення щільності викидів в атмосферне повітря по відношенню до певної території; – рівень відповідності НД вимогам стандартів навколишнього середовища.</p>	<p>– питомий показник утворення відходів; – зменшення кількості днів, у які забруднення атмосферного повітря перевищувало ГДК.</p>	<p>– рівень змісту та оформлення доказової документації екологічної безпеки процесів; – рівень виконання вимог до захисту навколишнього середовища (по кожному процесу).</p>

Обмежуючими умовами при виконанні блоку 4 виступають:

$$K_{\text{ст}} \rightarrow \min \text{ та } \sum_{k=1}^6 \gamma_k = 1$$

Блок 5 передбачає обчислення ймовірності реалізації обраної стратегії з допомогою застосування теорії марківських ланцюгів. Значення ймовірності реалізації обраної стратегії перевіряють на виконання умови перевищення необхідного рівня ймовірності:

$$\sum_{j=1}^n p_j \geq 0,4$$

Якщо значення розрахованої ймовірності менше достатнього рівня, вважають, що ймовірність перебігу процесів є наднизькою. В такому разі необхідно розглянути альтернативні стратегії перебігу процесів ІС ППВ, поки не буде позитивно виконана умова.

### **5. Методика практичної реалізації запропонованої моделі**

У процесі розробки методики практичної реалізації запропонованої моделі визначено критерії вибору методу прогнозування, який найбільш адекватно враховує специфіку конкретного процесу ППВ. На основі визначених критеріїв з використанням експертного методу попарного порівняння розроблено інструментарій з вибору раціонального методу прогнозування ТЕП та витрат на процеси ІС ППВ. Запропонований метод дозволяє значно скоротити час на розробку прогнозуючої моделі щодо оцінювання якості перебігу процесів ІС ППВ та її результативності в цілому. Це дозволяє в повній мірі підвищити гнучкість ІС ППВ вітчизняних промислових підприємств у швидкозмінних умовах.

Рішення в системі ППВ, приймаються на основі інформації, яка є продуктом ІС ППВ, тобто первинна інформація перетворюється на результатну, придатну для прийняття рішень. В ІС ППВ частина процедур формального перетворення первинної інформації в результатну автоматично виконується технічними засобами за задалегідь заданими алгоритмами, без безпосереднього втручання людини. ІС ППВ може повністю функціонувати в автоматичному режимі, але персонал ІС ППВ визначає склад і структуру первинної та результатної інформації, порядок збору та реєстрації первинної інформації, контролює її повноту і достовірність, визначає порядок виконання перетворень первинної інформації в результатну, контролює хід виконання процесу перетворень.

Враховуючи вищезазначене, розглянутий в роботі алгоритм прийняття раціонального рішення в ІС ППВ був реалізований на прикладі процесів тактичного рівня ІС ППВ за допомогою засобів MS EXCEL (застосовуються для автоматизації процесу збору первинної інформації щодо ТЕП ІС ППВ), а також розробленого програмного забезпечення «Пошук найкоротшого шляху», що дозволяє за описаним у другому розділі алгоритмом Дейкстри отримати результатну інформацію для прийняття рішень. На основі отриманої інформації приймається відповідне раціональне рішення в ІС ППВ. Підтвердженням вибору раціональної стратегії виступає розрахунок ймовірності її виконання за допомогою застосування марківських ланцюгів.

Результати впровадження запропонованої Методики прийняття рішень в ІС ППВ запропоновано оцінювати за допомогою порівняльної економічної ефективності: відношення собівартостей продукції при виконанні базової  $C_b$  та прийнятої  $C_{np}$  стратегії інструментозабезпечення:

$$E = \frac{C_b}{C_{np}}.$$

Наприклад, для розрахунку  $E$  впровадження Методики прийняття рішень в ІС ППВ на підприємстві ПАТ «СМНВО» були взяті дані для п'яти технологічних процесів виготовлення деталей за 2013-2014 рр.: номенклатура інструменту для їх виготовлення, кошторис собівартості деталі. Розрахунок наведений у [23], де доведено, що в середньому ефективність впровадження методики прийняття рішень в ІС ППВ становить 13%.

## **6. Розроблення рекомендацій щодо впровадження та нормативного забезпечення ІС ППВ**

Процес впровадження розробленого нормативно-методичного забезпечення ІС ППВ та запропонованих рекомендацій по впровадженню розробленої моделі у виробництво на вітчизняних машинобудівних підприємствах дуже часто ускладнюється достатньо складною системою забезпечення співпраці різних структурних підрозділів та осіб, які відповідають за окремі види діяльності, особливо в умовах недостатньої забезпеченості виробництва необхідним для практичного використання сучасних інформаційних технологій оснащенням. Тому для мінімізації

ризиків, пов'язаних з реалізацією моделі ІС ІПВ, запропонований алгоритм її розроблення та впровадження, показаний на рис. 6.

Також розділ містить матеріали з розробки проектів нормативних документів для кожного з етапів ЖЦ: проектування, розробки та виготовлення інструменту і оснащення, а також практичної реалізації розробленої в розділі 2 моделі прийняття рішень в ІС ІПВ.

На основі отриманих результатів теоретичних і практичних досліджень розроблено структури проекти двох стандартів організації України (СОУ): «Система управління якістю інструментальної підготовки виробництва в інформаційній системі підприємства» (поширюється



Рис. 6. Алгоритм впровадження системи ІС ІПВ

на інформаційні системи ПАТ, використовувані в процесах життєвого циклу інструментальної підготовки виробництва та встановлює стадії і етапи проектування та розроблення ТО, виготовлення ТО, а також зміст робіт на кожному етапі) та «Експлуатація технологічного оснащення в умовах функціонування інформаційних систем» (стандарт поширюється на процес експлуатації технологічного оснащення та на застосування інтерактивних електронних технічних керівництв).

## 7. Висновки

В дослідженні вирішена актуальна науково-прикладна задача вдосконалення нормативного забезпечення процесів управління й оцінки якості ППВ в умовах функціонування інформаційних технологій, вирішення якої забезпечить підвищення ефективності виробництва, включаючи підвищення надійності, зниження витрат і скорочення часу на інструментальне забезпечення і, відповідно, випуск продукції. На основі проведених досліджень можна зробити наступні висновки.

1. На основі аналізу сучасних тенденцій в області інформаційних технологій розроблено модель управління якістю інструментальної підготовки виробництва машинобудівного підприємства в умовах функціонування інформаційних технологій, яка дозволяє простежувати інформаційні зв'язки ППВ. Доведено можливість застосування запропонованої моделі на будь-якому машинобудівному підприємстві.

2. Запропоновано критерії вибору раціональних методів прогнозування витрат на процеси ППВ. На основі запропонованих критеріїв був розроблений інструментарій, який дозволяє врахувати специфіку конкретного процесу ППВ при виборі методів прогнозування будь-яких показників на кожному етапі життєвого циклу технічного оснащення.

3. Запропоновано принципи класифікації витрат на якість процесів ППВ машинобудівних підприємств. Це дозволило сформулювати універсальну класифікацію витрат на якість ППВ на будь-якому машинобудівному підприємстві.

4. Запропоновано систему ТЕП ІС ППВ, які враховують специфіку протікання її процесів. ТЕП ІС ППВ доцільно класифікувати за видами діяльності: організаційно-економічні; виробничі; управління якістю; екологічні; соціальні. Запропонована система ТЕП ІС ППВ може бути використана для раціоналізації діяльності з ППВ різних машинобудівних підприємств.

5. Запропоновано оцінювання ТЕП на основі застосування теорії нечітких множин. Цей метод дозволяє узгодити ТЕП трьох видів: ТЕП, що прямують до одиниці; ТЕП, які мають оптимальне абсолютне значення та ТЕП, що визначаються згідно логічних суджень експертів.

6. Запропоновано принципи формування інструментарію управління якістю ІПВ. На їх основі розроблена математична модель управління техніко-економічними показниками з врахуванням витрат на якість ІПВ, яка дозволить спрогнозувати найбільш ймовірний сценарій протікання процесів ІПВ, оперативно приймати управлінські рішення, тим самим мінімізувати витрати на ІПВ. При виборі раціонального рішення вперше запропоновано застосовувати коефіцієнт сталого розвитку ІС ІПВ. Доведена універсальність запропонованої моделі, застосовність не залежно від специфіки підприємства.

7. Доведено універсальність принципів формування нормативного забезпечення системи управління якістю ІПВ методами прогнозування в умовах інформаційних технологій.

8. На основі отриманих результатів досліджень розроблено структури проекти двох стандартів організації України (СОУ): «Система управління якістю інструментальної підготовки виробництва в інформаційній системі підприємства» та «Експлуатація технологічного оснащення в умовах функціонування інформаційних систем»

### Список літератури:

1. Зеленцова Е.В., Зеленцова Н.Ф. Системный подход к инструментальному обеспечению предприятия. URL: [http://www.instrument.spb.ru/zurnals/24/zurnal\\_24Theme1.shtml](http://www.instrument.spb.ru/zurnals/24/zurnal_24Theme1.shtml)
2. Губич Л., Иванец Г., Поздняков В. Компьютеризация инструментального производства – приоритетная задача промышленности. *САИП и графика*. 2001. № 2. С. 23–25.
3. Ивченко А.В. Управление качеством инструментальной подготовки производства многономенклатурного машиностроительного предприятия : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.01.02 «Стандартизация, сертификация и метрологическое обеспечение». КНУТД, 2009. 278 с.
4. Ивченко А.В., Залога В.А. Оптимизация организационной структуры инструментальной подготовки производства. *Сучасні технології в машинобудуванні*. 2008. Вип. 2. С. 238–248.
5. Костюк И.В. Интеллектуальная поддержка автоматизированной системы управления инструментом на машиностроительном



предприятия : диссертация ... кандидата технических наук : спец. 05.13.06. Набережные Челны: Кам. гос. инж. экон. акад, 2009. 164 с.: ил.

6. Dunnyk O., Denysenko Y., Zaloga V., Ivchenko O., Yashyna T. Information Support for the Quality Management System Assessment of Engineering Enterprises. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2020. Pages 65–74. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_7)

7. Левин А.И., Судов Е.В. Концепция и технологии компьютерного сопровождения процессов жизненного цикла продукции *Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса*. 2001. С. 612–625.

8. Вайсман В.О. Моделі, методи та механізми створення і функціонування проектно-керованої організації : монографія. Київ : Науковий світ, 2009. 146 с.

9. Окулесский В.А. Функциональное моделирование – методологическая основа реализации процессного подхода. Москва : НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2001. 56 с.

10. Чорна Н.О. Оцінка можливості застосування CALS-технологій до розв'язання задач розподіленого управління. *Управління розвитком складних систем* : Збірник наукових праць. 2011. № 8. С. 97–100.

11. CALS. URL: <http://uk.wikipedia.org/wiki/CALS>

12. Левин А.И., Судов Е.В. CALS-сопровождение жизненного цикла. *Открытые системы*. 2001. № 3. С. 58–62.

13. Бокс Дж., Дженкинс Г.М. Анализ временных рядов, прогноз и управление. Москва : Мир, 1974. 406 с.

14. Антохонова И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов : учебное пособие. Улан-Удэ : Изд-во ВСГТУ, 2004. 212 с.

15. Ханк Д.Э., Райтс А.Дж., Уичерн Д.У. Бизнес-прогнозирование. Москва : Издательский дом Вильямс, 2003. 656 с.

16. Азгальдов Г. Г., Гличев А.В., Панов В.П. Что такое качество? Москва : Экономика, 1968. 135 с.

17. Crosby Ph.V. Quality brings Gewink. Hamburg, 1986.

18. Торопцева А.Н., Герасимов Б.И. Экономический анализ системы менеджмента экологического качества промышленного предприятия: монография. Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2006. 148 с.

19. Feigenbaum A.V. Quality and Productivity. *Quality Progress*. 1977. Nov, pp. 18–21.

20. Залесов В.А. Совершенствование системы технико-экономических показателей для управления деятельностью подразделений по машинной обработке информации промышленности предприятий : дис. ... к.э.н. : спец. 05.13.10. Ленинград, 1984. 183 с.

21. Залого В.О., Денисенко Ю.О., Івченко О.В. Система техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва. *Резание и инструмент в технологических системах* : Междунар. науч.-техн. сб. Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. № 85. С. 79–89.

22. Оре О. Теория графов / под ред. И.М. Овчинниковой. Издательство наука, 1980. 336 с.

23. Денисенко Ю.О., Залого В.О., Івченко О.В., Обґрунтування ефективності впровадження методики прийняття рішень в інформаційній системі управління якістю інструментозабезпечення. *Вісник Житомирського державного технологічного університету*. 2015. № 1(72). С. 31–36.

### References:

1. Zelentsova E.V., Zelentsova N.F. (2004). Sistemnyy podkhod k instrumental'nomu obespecheniyu predpriyatiya [A systematic approach to enterprise tooling]. *Prommashinstrument*, vol. 24. Retrieved from: [http://www.instrument.spb.ru/zurnals/24/zurnal\\_24Theme1.shtml](http://www.instrument.spb.ru/zurnals/24/zurnal_24Theme1.shtml) (accessed 10 October 2019). (in Russian)
2. Gubich L., Ivsnets G., Pozdnyakov V. (2001). Kompyuterizatsiya instrumental'nogo proizvodstva – prioritetnaya zadacha promyshlennosti [Computerization of tool production is a priority for industry]. *CAD and graphics*, vol. 2, pp. 23–25. (in Russian)
3. Ivchenko A.V. (2009). Upravlenie kachestvom instrumental'noy podgotovki proizvodstva mnogonomenklaturnogo mashinostroitel'nogo predpriyatiya [Quality management of tool preparation for the production of a multinomenclature engineering enterprise]. (PhD Thesis). Kyiv: Kyiv National University of Technology and Design. (in Russian)
4. Ivchenko A.V. (2008). Optimizatsiya organizatsionnoy struktury instrumental'noy podgotovki proizvodstva [Optimization of the organizational structure of instrumental preparation of production]. *Suchasni tehnologii v mashinobuduvanni* [Modern technologies in mechanical engineering]. Kharkiv: NTU «KhPI», pp. 238–248.
5. Kostyuk I.V. (2009). Intellektual'naya podderzhka avtomatizirovannoy sistemy upravleniya instrumentoobespecheniem na mashinostroitel'nom predpriyatii [Intellectual support of an automated tool management system at a machine-building enterprise]. (PhD Thesis). Naberezhnye Chelny: Kama State Academy of Engineering and Economics. (in Russian)
6. Dymnyk O., Denysenko Y., Zaloga V., Ivchenko O., Yashyna T. (2020). Information Support for the Quality Management System Assessment of Engineering Enterprises. In: Ivanov V. et al. (eds) *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, pp. 65–74. doi: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_7)
7. Levin A.I., Sudov E.V. (2001). Kontseptsiya i tehnologii kompyuternogo soprovozhdeniya protsessov zhiznennogo tsikla produktsii [The concept and technology of computer support of product life cycle processes]. *Informatsionnye tehnologii v naukoemkom mashinostroenii. Kompyuternoe obespechenie industrial'nogo biznesa* [Information technology in high technology engineering. Computer software for industrial business]. Kyiv: Technyka, pp. 612–625. (in Russian)
8. Vaisman V.O. (2009). Modeli, metody ta mekhanizmy stvorennia i funktsionuvannia proektno-kerovanoi orhanizatsii [Models, methods and mechanisms of creation and functioning of a project-managed organization]. (Monography). Kyiv: Naukovy svit. (in Ukrainian)
9. Okulesky V.A. (2001). Funktsionalnoe modelirovanie – metodologicheskaya osnova realizatsii protsessnogo podkhoda [Functional modeling is the

methodological basis of the process approach implementation]. Moscow: CALS Technology Research Center "Applied Logistics". (in Russian)

10. Chorna N.A. (2011). Otsinka mozhlivosti zastosuvannya CALS-tekhnologiy do rozvyazannya zadach rozpodilenoho upravlinnya [Estimation of possibility of application of CALS-technologies to the solution of the problems of distributed management]. *Upravlinnya rozvytkom skladnykh system* [Management of complex systems development], vol. 8, pp. 97–100. (in Ukrainian)

11. CALS. Retrieved from: <http://uk.wikipedia.org/wiki/CALS> (accessed 20 May 2016).

12. Levin A.I., Sudov E.V. (2001). CALS-soprovozhdzenie zhiznennogo tsikla [CALS life cycle support]. *Otkrytye sistemy* [Open systems], vol. 3, pp. 58–62.

13. Boks Dzh. (1974). Analiz vremennykh ryadov, prognoz i upravlenie [Time Series Analysis, Forecast and Management]. Moscow: Peace. (in Russian)

14. Antokhonova I.V. (2004). Metody prognozirovaniya sotsialno-ekonomicheskikh protsessov [Methods for predicting socio-economic processes]. Ulan-Ude: Publishing House of VSTU. (in Russian)

15. Khank D.E., Rayts A.Dzh., Uichern D.U. (2003). Biznes-prognozirovanie [Business forecasting]. Moscow: Publishing House Williams. (in Russian)

16. Azgaldov G.G., Glichev A.V., Panov V.P. (1968). Chto takoe kachestvo? [What is quality?]. Moscow: Economy. (in Russian)

17. Crosby Ph.B. (1986). Quality bringt Gewink. Hamburg.

18. Toroptseva A.N., Gerasimov B.I. (2006). Ekonomicheskii analiz sistemy menedzhmenta ekologicheskogo kachestva promyshlennogo predpriyatiya [Economic analysis of the environmental management system of an industrial enterprise] (Monografiya). Tambov: Publishing House of TSU. (in Russian)

19. Feigenbaum A.V. (1977). Quality and Productivity. *Quality Progress*, pp. 18–21.

20. Zalesov V.A. (1984). Sovershenstvovanie sistemy tekhniko-ekonomicheskikh pokazateley dlya upravleniya deyatelnostyu podrazdeleniy po mashinnoy obrabotke informatsii promyshlennykh predpriyatiy [Improving the system of technical and economic indicators for managing the activities of units for machine processing information of industrial enterprises] (PhD Thesis). Leningrad. (in Russian)

21. Zaloga V., Denysenko Y., Ivchenko O. (2015). Sistema tekhniko-ekonomichnykh pokaznykiv instrumentalnoyi pidhotovky vyrobnytstva [System of technical and economic indicators of tool preparation]. *Rezanye y ynsrument v tekhnolohycheskykh systemakh* [Cutting and tooling in technological systems]. Kharkiv: NTU «KhPI», vol. 85, pp. 79–89. (in Ukrainian)

22. Ore O. (1980). Teoriya grafov [Graph theory]. Moscow: Publishing House "Science". (in Russian)

23. Denysenko Y., Zaloga V., Ivchenko O. (2015). Obruntuvannya efektyvnosti vprovadzhennya metodyky pryynyattya rishen v informatsiyniy systemi upravlinnya yakystyu instrumentozabezpechennya [Substantiation of effectiveness of implementation of decision-making methodology in the information system of quality management of the tool preparation]. *Visnyk Zhytomyrskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu* [Bulletin of Zhytomyr State Technological University]. Zhytomyr: ZhSTU, vol. 1(72), pp. 31–36. (in Ukrainian)