

ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE



В І С Н И К

ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ

ВИПУСК 3-4

***BULLETIN OF ENGINEERING
ACADEMY OF UKRAINE***

Issue 3-4

Київ 2013 Kyiv

**ТЕОРЕТИЧНИЙ І НАУКОВО-ПРАКТИЧНИЙ ЖУРНАЛ
ІНЖЕНЕРНОЇ АКАДЕМІЇ УКРАЇНИ**

**THEORETICAL AND APPLIED SCIENCE JOURNAL
ENGINEERING ACADEMY OF UKRAINE**

**Журнал друкує статті науковців вузів та установ
України, інших країн відповідно до рубрик:**

Авіаційна й космічна техніка
Військово-технічні проблеми
Геологія, видобування та переробка корисних
копалин
Інженерні проблеми агропромислового комплексу
Інформаційні системи, обчислювальна й електронна
техніка, системи зв'язку та приладобудування
Комунікації (транспортні системи та ін.)
Матеріалознавство
Машинобудування
Медична інженерія
Металургія
Нафтогазові технології
Охорона навколишнього середовища (інженерна
екологія) і ресурсозбереження
Стандартизація, метрологія і сертифікація
Будівництво і будіндустрія
Технологія легкої промисловості
Технологія харчової промисловості
Хімічні технології й інженерна біотехнологія
Економіка, право та керування в інженерній діяльності
Енергетика

Матеріали друкуються українською, російською або
англійською мовами.

Номер затверджено на засіданні Вченої ради
Кіровоградського національного технічного
університету

Протокол № 8 від 28.08.2013 р.
Вісник Інженерної академії України включений у
новий Перелік наукових фахових видань України, в
яких можуть публікуватися результати дисертаційних
робіт на здобуття наукових ступенів доктора і
кандидата наук в галузі технічних наук (Постанова
президії ВАК України від 14.04.2010 р. № 1-05/3)

Співзасновники:
Кіровоградський національний технічний
університет
Інженерна академія України
Університет внутрішніх справ

**Journal submits articles of researchers of universities
and institutions of Ukraine and other countries in
accordance with headings:**

Aviation and Space Engineering
Military and Engineering Problems
Geology, Mining and Processing of Minerals
Engineering Problems of Agroindustrial Complex
Information Systems, Computer and Electronic
Engineering, Communication Systems and Instrument
Engineering
Communications (Transport Networks and others)
Material Science
Mechanical Engineering
Medical Engineering
Metallurgy
Oil-and-Gas Technologies
Preservation of Environment (Ecological Engineering)
and Resource Saving
Standardisation, Metrology and Certification
Building and Construction Engineering
Technology of Light Industry
Technology of Food Industry
Chemical Technologies and Engineering Biotechnology
Economics, Law and Management in Engineering
Power Engineering

Materials are submitted in Ukrainian, Russian or English
languages.

The issue is approved at the meeting of Academic
Council of Kirovograd National Technical University

Protocol No. 8 dated 28.08.2013
Bulletin of Engineering academy of Ukraine is included
into the new List of Scientific special editions of
Ukraine, in which results of dissertation works may be
published for to be conferred with academic degrees of
doctor and candidate of sciences in the field of
engineering sciences (Decree of presidium of the
Ukraine HCC No. 1-05/3 dated 14.04.2010)

Cofounders:
Kirovograd National Technical University

Engineering Academy of Ukraine
University of Internal Affairs

ISBN 5-7763-8361-7

179	Кутя В. М. АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ ДИСПЕРСНОСТІ ЕМУЛЬСІЙ	242
	Кучерук В.Ю., Кулаков П.І., Присяжнюк В.В., Гнесь Т.В. АНАЛІЗ ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ЗАГАЛЬНОГО УДОЮ НА СТІЙЛОВОМУ МОЛОКОПРОВОДІ	248
182	Латенко В.І. ТЕМПЕРАТУРНА ПОХИБКА ПІДГРІВНОГО ЄМНІСНОГО СЕНСОРА ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ	251
185	Попенака А.М., Петрище М. О., Крутов С.Л. ДОСЛІДЖЕННЯ МЕТОДИЧНОЇ ПОХИБКИ ПОВІРКИ ЛІЧИЛЬНИКІВ БЕЗ ГАЛЬВАНІЧНОГО РОЗДІЛЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ	258
188	Реут Д. Т., Древецький В. В. ВИМІРЮВАННЯ КОНЦЕНТРАЦІЇ МІКРОПЛАНКТОНУ В ПОВЕРХНЕВИХ ВОДАХ З ВІДСЛІДКОВУВАННЯМ У ВІДЕОПОТОЦІ	261
	ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ Й ІНЖЕНЕРНА БІОТЕХНОЛОГІЯ	
	Круліковський Б.Б., Деменчук Ю.А. МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ КОНВЕРСІЇ МЕТАНУ В ТРУБЧАТІЙ ПЕЧІ	264
191	ТЕХНОЛОГІЯ ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	
	Дейнека І.Г., Вишневецький О.В., Мичко А.А. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ПРОЦЕСУ ДЕСТРУКЦІЇ ТЕКСТИЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ, ПРИЗНАЧЕНИХ ДЛЯ КИСЛОТОЗАХИСНИХ ВИРОБІВ	267
197		
	ЕКОНОМІКА, ПРАВО ТА КЕРУВАННЯ В ІНЖЕНЕРНІЙ ДІЯЛЬНОСТІ	
202		
	Суліма Л. О., Коломієць Л.В. КОМПЕТЕНТНІСТЬ ТЕХНІЧНОГО ПЕРСОНАЛУ КЛІНІКО-ДІАГНОСТИЧНИХ ЛАБОРАТОРІЙ	273
206	Павленко П.М., Хлевний А.О. МЕТОД ВІДБОРУ КЛЮЧОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА	277
	Юн Г.М., Маринцева К.В. ПОЭТАПНЫЙ МЕТОД УПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЕМ АВИАТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ	284
209		
	ЕНЕРГЕТИКА	
213	Гевко Р., Токарчук О.А, Еленіч А.П. РОЗРОБКА НОВИХ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ТРУБЧАТОГО СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА-ЗМІШУВАЧА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЇХ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	291
216		
	Мартиняк М.А., Мисак Й.С. МЕТОД АНАЛІЗУ РОБОТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМУ ПЕРЕДАЧІ ТЕПЛА	297
223		
	Остроумов І.В., Лопатко Т.Б. ВИКОРИСТАННЯ РАДІОМАЯКІВ ДМЕ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МІСЦЕПОЛОЖЕННЯ У ПОВІТРЯНОМУ ПРОСТОРІ УКРАЇНИ	300
229		
	Умінський В. В. АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ПЕРЕМІЩЕННЯМ МОБІЛЬНИХ РОБОТІВ	306
233	АНОТАЦІЇ ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ	
236		

УДК 005.311.2:004.94(045)

П.М.Павленко, д.т.н., проф.
А.О.Хлевний

МЕТОД ВІДБОРУ КЛЮЧОВИХ ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

Національний авіаційний університет e-mail: petrprav@nau.edu.ua

Розроблено метод відбору та ранжирування ключових показників діяльності підрозділів технологічної підготовки підприємства. Виділено шість ключових показників діяльності, розглянуто декілька сценаріїв експертних оцінок ключових показників.

Ключові слова: технологічна підготовка виробництва, інформаційна технологія, ефективність управління, ключові показники ефективності

Актуальність досліджень. Підвищення ефективності управління технологічною підготовкою виробництва, сьогодні, є дуже актуальною темою для керівників виробничих підприємств різних рівнів, та розробників інформаційних систем. Вимоги замовників та стандарти якості, яких прагнуть досягнути у виробництві наукоємних виробів, змушують постійно оптимізувати витрати та підвищувати якість виробів.

Впровадження закордонних систем автоматизованого управління (ERP, PLM та інші) не завжди дає очікуваний результат у підвищенні ефективності управління. Тому питання виділення ключових показників ефективності технологічної підготовки виробництва з подальшою автоматизацією процесу управління є дуже актуальним.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Поняття ключового показника ефективності було введено П. Нортонем та П. Друкером [1]. В якості ключових показників ефективності розглядають показники діяльності підрозділу (співробітника), які характеризують стан підприємства (підрозділу) в досягненні його цілей. Показники ефективності дозволяють контролювати активність співробітників, підрозділів та компанії в цілому [2].

Разом з тим, аналіз наукових публікацій та існуючих проектних рішень в інформаційних системах управління показав відсутність конкретних показників ефективності управління технологічною підготовкою виробництва (ТПВ).

Метою роботи є встановлення основних показників ефективності управління ТПВ.

Основний матеріал. Ключові показники ефективності системи ТПВ повинні відображати стан системи на всіх рівнях її діяльності від найпростіших операцій до комплексного процесу верхнього рівня і розглядатися з точки зору складових її об'єктних областей: "продукт", "процес", "ресурс". Необхідною умовою коректного використання ключових показників ефективності в управлінні ТПВ є використання їх в рамках роботи всього підприємства, тому що систему ТПВ необхідно розглядати як складну відкриту ієрархічну систему, побудовану на основі розділення операцій [3].

"Продуктом" в рамках системи процесів ТПВ є безпосередньо розроблені комплекти конструкторсько-технологічної документації, а в рамках роботи всього підприємства – його конкретна продукція згідно номенклатури виробництва. В табл.1 представлені показники, які можуть бути використані для характеристики «продукту» ТПВ.

Таблиця 1

Показники об'єктної області «Продукт».

№	Назва показника	Позначення	Одиниці виміру
1.	Виробнича програма всіх виробів на рік за номенклатурою, де n - кількість найменувань в номенклатурі	$N_{PP} = \sum_{i=1}^n N_{PP_i}$	шт./рік
2.	Фактичне виконання виробничої програми за кожною позицією номенклатури	$N_{\Phi P_i}$	шт./рік
3.	Коефіцієнт виконання виробничого плану за номенклатурною групою	$K_{P_i} = \frac{N_{\Phi P_i}}{N_{PP_i}}$	б/р.
4.	Кількість комплектів КТД плану за номенклатурою	$N_{КТДП} = \sum_{i=1}^n N_{КТДП_i}$	шт./рік

5.	Кількість комплектів КТД фактична за номенклатурою	$N_{КТД\phi_i}$	шт./рік
6.	Коефіцієнт виконання плану розробки КТД за номенклатурою, де $k_{Д}$ - коефіцієнт, який враховує розробку КТД згідно з графіком. $k_{Д} = \{0 \div 1\}$	$K_{\dot{E}\dot{O}\dot{A}_i} = \frac{N_{\dot{E}\dot{O}\dot{A}_i}}{N_{\dot{E}\dot{O}\dot{A}_i}} \cdot k_{Д}$	б/р.
7.	Середній коефіцієнт використання одного комплекту КТД	$\bar{\eta} = \frac{N_P}{N_{КТД}}$	б/р.
8.	Середня вартість розробки комплекту КТД	$\bar{B}_{КТД}$	грн.
9.	Сумарна кількість листів сповіщень про зміни (СЗ) за рік	$K_{СЗ} = \sum_{i=1}^n K_{СЗ_i}$	шт.
10.	Кількість протоколів невідповідності продукції, яка випускається згідно ІСО 9000:2008	K_{ISO}	шт.

Серед наведених в таблиці, показники 1-3 відносяться до показників рівня підприємства, показники 4-8 – до показників безпосередньо системи ТПВ. Показники рівня підприємства вводяться в зв'язку з тим, що показники в системі ТПВ пов'язані з ними в рамках виконання плану виробництва.

Згідно з класифікацією об'єкту "Процес" параметром управління системи ТПВ може бути час розробки конструкторсько-технологічної документації (КТД), тобто час, який як зазначалося раніше складається з часу безпосередньої розробки КТД та часу, необхідного для затвердження документів (табл.2.)

Таблиця 2.

Показники об'єктної області «Процес».

№	Назва показника	Позначення	Одиниці виміру
1.	Час розробки конструкторської документації	$T_{КД} = T_{P_КД} + T_{ЗКД}$	міс. (год.роб.часу)
2.	Час розробки технологічної документації	$T_{ТД} = T_{P_ТД} + T_{ЗТД}$	міс. (год.роб.часу)
3.	Загальний час розробки КТД	$T_{КТД} = T_{КД} + T_{ТД}$	міс. (год.роб.часу)

Згідно класифікації об'єкту "Ресурс" параметрами управління системи ТПВ можуть бути: кількість комп'ютерної техніки, яка використовується в підрозділах ТПВ; кількість грошових коштів в рік, які витрачаються на програмне забезпечення ТПВ; чисельність персоналу в підрозділах конструкторської і технологічної підготовки виробництва і т.ін. (табл.3.). Але ці показники не несуть суті ключових показників ефективності, вони можуть розглядатися як статистичні данні роботи системи.

Таблиця 3.

Показники об'єктної області «Ресурс».

№	Назва показника	Позначення	Одиниці виміру
1.	Кількість штатних співробітників КТБ, яка складається з конструкторів, технологів та інших співробітників бюро	$C_{КТБ} = C_K + C_T + C_I$	шт.од.
2.	Година тарифна ставка конструктора	$ГТС_K$	грн./год.
3.	Година тарифна ставка технолога	$ГТС_T$	грн./год.
4.	Година тарифна ставка інших працівників	$ГТС_I$	грн./год.
5.	Середня тарифна ставка співробітника КТБ	$ГТС_{КТБ} (2.17.)$	грн./год.
6.	Величина амортизаційних відрахувань по статті апаратне забезпечення на рік	$A_{АЗ}$	тис. грн.
7.	Річна сума інвестицій в програмне і апаратне забезпечення КТБ	$I_{ПАЗ}$	тис. грн.

Середня тарифна ставка співробітників конструкторсько-технологічного бюро (КТБ) розраховується за формулою 1.:

$$ГТС_{КТБ} = \frac{ГТС_K \cdot C_K + ГТС_T \cdot C_T - ГТС_I \cdot C_I}{C_{КТБ}} \quad (1).$$

Використання наведених в табл.1.-3. показників для аналізу динаміки розвитку системи ТПВ в ретроспективі в частині досягнення нею основної задачі, дозволяє виявляти багато змін системи ТПВ, наприклад: динаміку плану по номенклатурі, а отже, плану випуску комплектів технологічної документації (ТД); динаміку тривалості циклу підготовки і виробництва по єдиному графіку підготовки і виробництва в ретроспективі; динаміку кількості сповіщень про зміну, випущених за рік; динаміку інвестування в програмне та апаратне забезпечення (PDM – системи, сервери, потужні комп'ютери, локальні мережі та Інтранет в рамках розширених виробництв);

Аналіз показників в ретроспективі дозволяє на ранніх етапах розробки КТД виявляти негативні тенденції, такі як:

1. По стану документообігу: виявляти великі витрати часу на процес коригування, зміни технологічної документації;
2. По росту показника середньої часової тарифної ставки та середньої вартості комплекту КТД виявляти початкові етапи неефективної праці, або змін в системах оплати праці та мотивації;
3. За показниками виконання планових завдань, щодо розробки комплектів КТД визначати початки зривів планів проектування та розробки.

Проте аналіз порівняльного стану системи ТПВ в ретроспективі не дозволяє отримати комплексну оцінку системи, яка ґрунтується на процесному управлінні ресурсами, з урахуванням пріоритетів стратегії розвитку бізнесу.

Як зазначалося раніше, введені показники надають практично вичерпну інформацію щодо стану системи в будь який момент її роботи, але більшість з них носить суто статистичний характер, тому обробка їх може здійснюватися за допомогою відповідних статистичних методів. Крім того показники 1-3 таблиці 1. характеризують суто ефективність роботи підприємства в цілому.

Із зазначених показників необхідно виділити показники, які можуть бути використані в якості ключових показників ефективності конструкторсько-технологічного бюро (КТБ), зробити їх порівняльний аналіз для подальшого використання в моделях оцінки ефективності роботи КТБ по досягненню поставлених перед бюро ціллю.

Основною ціллю конструкторсько-технологічного бюро є розробка конструкторсько-технологічної документації в установлені строки, відповідно до вимог ДСТУ, тобто повністю відповідати вимогам системи якості та за мінімальною вартістю. Виходячи з такого визначення цілі, з розглянутих параметрів в якості ключових показників ефективності можна використовувати наступні:

1. Коефіцієнт виконання плану розробки КТД за номенклатурою (2.):

$$K_{КТД_i} = \frac{N_{КТДФ_i}}{N_{КТДП_i}} \cdot k_{П_i} \quad (2),$$

де $k_{П_i}$ - коефіцієнт, який враховує розробку КТД згідно з графіком і приймає значення $k_{П_i} = \{0 \div 1\}$. $k_{П_i} = 1$ коли КТД розроблена згідно графіку розробки, відхилення від графіку зменшує $k_{П_i}$ пропорційно величині відхилення, норми розробляються керівниками підприємства та КТБ.

Коефіцієнт характеризує результативність роботи КТБ.

2. Середня вартість розробки комплекту КТД - $\bar{B}_{КТД}$. Середня вартість розробки комплекту КТД може бути розрахована за формулою 3.:

$$\bar{B}_{КТД} = \frac{ГТС_{КТБ} \cdot T_{КТД} \cdot (1 + C_H) + A_{АЗ} + I_{АПЗ} + Z_M + Z_{Ад}}{N_{КТД}} \quad (3),$$

де Z_M - затрати на матеріали (товари, напір і т.ін., необхідне для роботи співробітників КТБ); $Z_{Ад}$ - затрати адміністративні, куди можна включити оплату комунальних послуг, оренди приміщень, послуги сторонніх компаній по ліцензії інформаційних систем і т.ін. C_H - ставка єдиного соціального внеску, яка визначається для кожного підприємства.

Тобто середня вартість комплексу КТД визначається діленням суми прямих затрат (заробітна плата, матеріали), непрямих (амортизаційні відрахування, адміністративні затрати), а також інвестицій в інформаційні технології проектування на кількість комплектів КТД, розроблених протягом року.

Аналіз формул, за допомогою яких розраховується середня вартість КТД, дозволяє зробити висновок про певні шляхи її зменшення:

2.1. Зменшення складових непрямих затрат може відбуватися тільки за рахунок оптимізації цін закупівлі матеріалів, сплати оренди і т.ін. з урахуванням ціна-якість.

2.2. Зменшення інвестицій в інформаційні технології проектування, або в загалі відмова від них можливе тільки на короткому періоді, до моменту настання морального старіння програмного та апаратного забезпечення. Апаратне забезпечення також відіграє важливу роль у безпеці всієї системи ТПВ, тому відмова від своєчасного його оновлення може привести до втрати даних про виріб та зриву взагалі роботи системи ТПВ. Слід відмітити, що закупівля сучасних програмних комплексів може призвести до зменшення часу процесу розробки КТД, що в свою чергу зменшує вартість. Це питання потребує окремого дослідження.

2.3. Збільшення кількості комплектів КТД при одночасному зменшенні строків розробки, ще й з можливим скороченням штату працівників вимагає від співробітників КТБ підвищення норм проектування та інтенсивності праці. Слід зазначити, що такі заходи слід здійснювати, підбираючи висококваліфікованих співробітників, зменшуючи процент адміністративного персоналу. Зазвичай непропорційно, але все ж збільшують часові тарифні ставки для компенсації інтенсивності праці.

3. Загальний час процесу розробки КТД. Як зазначалося раніше час процесу розробки складається з двох складових: часу безпосередньої розробки КТД та часу, необхідного на погодження документації, яка розробляється і знаходиться на різних стадіях і етапах. Перша складова може бути зменшена шляхом підбору висококваліфікованих кадрів, збільшення інтенсифікації їх праці та закупівлі сучасних програмних комплексів. Друга складова, може бути зменшена за рахунок використання системи електронного документообігу із затвердженою автоматизованою системою затвердження документів та подій.

Показник, що характеризує ефективність роботи КТБ.

4. Сумарна кількість листів сповіщень про зміни (СЗ) за рік $K_{СЗ}$.

Даний показник характеризує ефективність ТПВ з точки зору розробки проекту виробу та детального опрацювання технічних вимог щодо його виробництва та подальшої експлуатації на ранніх стадіях проектування. Тобто характеризується робота КБ на етапі концепції.

5. Кількість протоколів невідповідності продукції, яка випускається згідно ІСО 9000:2008 K_{ISO} .

Якщо підприємство сертифікувало процес конструкторсько-технологічної підготовки виробництва (КТПВ) за стандартом ІСО 9000:2008, показник $K_{ISO} \rightarrow 0$, але не слід виключати цей показник в рамках комплексної оцінки стану КТПВ.

6. Річна сума інвестицій в програмне і апаратне забезпечення КТБ $I_{ПАЗ}$.

З погляду на використання застарілого програмного і апаратного забезпечення на сучасних промислових виробництвах даний показник характеризує інтенсивність заміни його на нове, та як результат інтенсифікацію проектування, зменшення кількості можливих помилок за рахунок використання єдиного інформаційного середовища.

Розглянуті нами ключові показники діяльності достатньо повно характеризують систему управління КТПВ з точки зору її ефективності та результативності, але їх кількість призводить до необхідності вирішення оптимізаційної багатокритеріальної задачі. На практиці існують методи вирішення таких задач, але слід відмітити необхідність введення додаткових умов, або «заморожування» деяких факторів, тому в роботі пропонується визначити вагові коефіцієнти для обраних параметрів (ключових показників діяльності), використовуючи метод парних порівнянь Л.Терстоуна, та ввести показник ефективності, як функцію зазначених показників.

Для розрахунку вагових коефіцієнтів аспектів автором використано метод парних порівнянь, який використовується для рішення широкого кола задач, які включають в себе певні методи збору даних, а також способи побудови на їх основі оціночних шкал. Суть методу полягає в порівнянні об'єктів між собою. Об'єкти порівнюються попарно по відношенню до їх дії на загальну для них характеристику. В табл.4 наведено шкалу відносної важливості аспектів при їх попарному порівнянні.

Таблиця 4.

Шкала відносної важливості при попарному порівнянні

Ступінь переваги	Визначення
0	Незалежні
1	Рівні, важливість однакова
2	Є певна перевага, можливо виділити деяку перевагу одного аспекту над іншим
3	Абсолютна перевага

Основним елементом для представлення інтенсивності взаємного впливу аспектів є матриці парних порівнянь (МПП) $\|A\| = (a_{ij})$ (табл.5-7). Кінцевою метою порівняння аспектів є визначення їх рейтингу серед множини $A = (a_1, a_2, \dots, a_{12})$, яка розглядається, вираженого через вагові коефіцієнти g_i . Якщо позначити долю фактора a_i через w_j (ступінь переваги, яку проставляє експерт у відповідності до табл.1.4, то елементи матриці $\|A\|$ розраховуються за формулою 4.:

$$a_{ij} = \frac{w_j}{w_i} \quad (4).$$

Власний вектор МПП визначає порядок важливості аспектів в кількісному виразі. Інколи значення власного вектору МПП називають вектором пріоритетів, а власне значення є мірою погодженості оцінок.

Значення вагового коефіцієнту g_i (власного вектору МПП) знаходиться методом середнього геометричного вимірювання розрахунків між аспектами, які оцінюються, за формулою 5:

$$g_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \left(\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}} \right)} \quad (5).$$

де n - кількість аспектів (в нашому випадку 6).

Позначимо ключові показники діяльності для КТПВ, визначені нами раніше через відповідні умовні скорочення: a_1 - коефіцієнт виконання плану розробки КТД за номенклатурою $K_{КТД}$; a_2 - середня вартість розробки комплексу КТД - $\bar{B}_{КТД}$; a_3 - загальний час процесу розробки КТД - $T_{КТД}$; a_4 - сумарна кількість листів сповіщень про зміни (СЗ) за рік $K_{СЗ}$; a_5 - кількість протоколів невідповідності продукції, яка випускається згідно ІСО 9000:2008 $K_{ІСО}$; a_6 - річна сума інвестицій в програмне і апаратне забезпечення КТБ $I_{ПАЗ}$.

Визначені детерміновані ключові показники діяльності КТПВ направлені на підвищення ефективності та результативності управління системою технологічної підготовки в рамках роботи всього підприємства.

Випадкових факторів, які впливають на процес і систему управління доволі багато, але як показує практика вплив випадкових факторів незначний і їх можна виключити з моделі.

Для визначення ступеню вагомості ключових показників діяльності необхідно сформулювати цільову функцію для оцінки ефективності $\Phi_3 = f(a_i)$, та визначитися з засобами досягнення екстремуму зазначеної функції (6):

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^6 g_i \cdot a_i \quad (6).$$

Таблиці попарних порівнянь формуються на основі висловлювань експертів в предметній галузі. Оскільки думки експертів щодо підходів до збільшення ефективності та результативності системи можуть суттєво різнитися в таблицях 5-7 наведені результати розрахунку вагових коефіцієнтів з урахуванням відповідних позицій експертів:

1. Експерти вважають що основною характеристикою системи управління КТПВ є виконання планів розробки КТД за номенклатурою та якість розробленої документації (табл.5)

Таблиця 5

Вагові коефіцієнти для першого варіанту оцінки системи управління КТПВ.

Показник и	$K_{КТД_i}$	$\bar{B}_{КТД}$	$T_{КТД}$	$K_{СЗ}$	K_{ISO}	$I_{ПАЗ}$	g_i
$K_{КТД_i}$	1,00	2,00	3,00	2,00	1,00	3,00	0,279
$\bar{B}_{КТД}$	0,50	1,00	0,50	3,00	2,00	1,00	0,165
$T_{КТД}$	0,33	2,00	1,00	2,00	0,50	2,00	0,161
$K_{СЗ}$	0,50	0,33	0,50	1,00	0,50	3,00	0,109
K_{ISO}	1,00	0,50	2,00	2,00	1,00	3,00	0,207
$I_{ПАЗ}$	0,33	1,00	0,50	0,33	0,33	1,00	0,079

2. Експерти вважають, що основною характеристикою, яка описує якість системи управління КТПВ є середня вартість розробки комплексу КТД та загальний час процесу його розробки (табл.6)

Таблиця 6.

Вагові коефіцієнти для другого варіанту оцінки системи управління КТПВ.

Показник и	$K_{КТД_i}$	$\bar{B}_{КТД}$	$T_{КТД}$	$K_{СЗ}$	K_{ISO}	$I_{ПАЗ}$	g_i
$K_{КТД_i}$	1,00	0,33	1,00	2,00	1,00	2,00	0,160
$\bar{B}_{КТД}$	3,00	1,00	1,00	2,00	2,00	3,00	0,277
$T_{КТД}$	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00	3,00	0,206
$K_{СЗ}$	0,50	0,50	1,00	1,00	2,00	3,00	0,163
K_{ISO}	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	3,00	0,130
$I_{ПАЗ}$	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	0,065

3. Експерти вважають, що найбільш точною оцінкою якості управління КТПВ буде показник виконання планів розробки КТД за номенклатурою, що є наслідками мінімізації часу розробки та чіткому плануванню та проробці концепції виробу на початкових етапах проектування, що призведе до мінімізації змін під час розробки та безпосередньо випуску продукції (табл.7.)

Таблиця 7.

Вагові коефіцієнти для другого варіанту оцінки системи управління КТПВ.

Показники	$K_{КТД_i}$	$\bar{B}_{КТД}$	$T_{КТД}$	$K_{СЗ}$	K_{ISO}	$I_{ПАЗ}$	g_i
$K_{КТД_i}$	1,00	1,00	1,00	3,00	2,00	3,00	0,248
$\bar{B}_{КТД}$	1,00	1,00	0,50	0,33	1,00	2,00	0,127
$T_{КТД}$	1,00	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	0,216
$K_{СЗ}$	0,33	3,00	1,00	1,00	3,00	3,00	0,220
K_{ISO}	0,50	1,00	0,50	0,33	1,00	2,00	0,113
$I_{ПАЗ}$	0,33	0,50	0,50	0,33	0,50	1,00	0,075

Визначивши власний вектор МПП, тобто вагові коефіцієнти ключових показників діяльності, необхідно знайти головне власне значення МПП λ_{\max} , для оцінки погодженості висловів експертів, тобто експертних оцінок щодо визначення вагомості кожного показника. Ступінь погодженості експертних оцінок наближається до повної при $\lambda_{\max} = n$, де n - розмірність МПП, або кількість ключових показників діяльності. Головне власне значення МПП представляє собою суму відхилень оцінок парних порівнянь від ідеального значення. Відхилення оцінок парних порівнянь від ідеального значення розраховується як множення нормалізованої оцінки для кожного об'єкту на сумарне значення оцінок для нього, виставлених експертами (7):

$$\lambda_{\max} = \sum_{i=1}^n \left[g_i \cdot \sum_{j=1}^n a_{ij} \right] \quad (7)$$

Під час попарного порівняння ключових показників діяльності експертів проводиться оцінка, яка показує на скільки вага одного показника більше ніж іншого. Експерт може припустити помилку під час порівняння іншої пари показників, що внаслідок приведе до протиріччя результатів. Для виявлення саме таких протиріч використовується кількісна оцінка – індекс погодженості (ІП). Якщо відхилення від погодженості перевищує встановлені значення, то необхідно коректувати МПП, відхилення від погодженості може бути виражене виличної відношення (8):

$$I_{\Pi} = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (8)$$

Так як використовується дискретна шкала відносної важливості, виникає питання невідповідності реальних та ідеальних оцінок. Для повного розрахунку погодженості парних порівнянь розраховується кількісна оцінка відносної погодженості - $I_{ВП}$, як відношення індексу погодженості до середнє статистичного індексу погодженості при випадковому виборі коефіцієнтів МПП. Відносна погодженість для системи в цілому характеризує зважене середнє значення відносної погодженості по всім матрицям порівнянь. Дані можемо вважати практично погодженими, якщо значення відносної погодженості менше 0,1. Середнє значення випадкового індексу для кількості параметрів 6 дорівнює 1,24.

В таблиці 8. приведені відповідні параметри погодженості зазначених варіантів рішень експертів щодо вагомості певних ключових показників діяльності.

Таблиця 8.

Погодженість висловів експертів.

Варіанти рішень	λ_{\max}	I_{Π}	$I_{ВП}$
Варіант 1	6,61	0,122	0,098
Варіант 2	6,29	0,058	0,047
Варіант 3	6,45	0,091	0,073

Як видно з результатів розрахунків всі рішення експертів у всіх трьох випадках є погодженими.

Висновки.

Розроблено метод відбору та ранжирування ключових показників діяльності в процесах КТПВ з використанням методу парних порівнянь та використання статистичних методів дослідження. Необхідність такого ранжирування викликана побудовою системи комплексної оцінки стану системи управління ТПВ. Оскільки в протилежному випадку виникає необхідність вирішувати багатокритеріальну оптимізаційну задачу щодо знаходження екстремуму функції якості системи. Розглянуто декілька сценаріїв експертних оцінок щодо ключових показників діяльності.

Введено поняття ключових показників діяльності підрозділів, які відповідають за ТПВ. В якості основних виділені 6 ключових показників діяльності, шляхом групування розроблених раніше 20 показників за принципами їх взаємного впливу.

Список літературних джерел

1. Друкер, П.Ф. Задачи менеджмента в XXI веке.: Пер. с англ.: – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 272 с
2. «ISO 9001:2011 Системы менеджмента качества. Требования» — М.: ФГУП "СТАНДАРТИНФОРМ", 2011.
3. Павленко П.М. Автоматизовані системи технологічної підготовки розширених виробництв. Методи побудови та управління: монографія / П.М. Павленко. – К.: Кн. вид-во НАУ, 2005. – 280 с.