

УДК 658.56:006.85

КП

№ держреєстрації 0116U002624

Інв. №

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
(СумДУ)

40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2, тел. (0542) 33-41-08,  
[info@sci.sumdu.edu.ua](mailto:info@sci.sumdu.edu.ua)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи  
д. ф.-м. н., професор

\_\_\_\_\_ А. М. Черноус

ЗВІТ  
З НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКОЇ РОБОТИ

«Фундаментальні аспекти прийняття рішень в системі інструментального  
забезпечення машинобудівних виробництв»  
(проміжний)

Начальник НДЧ  
к. ф.-м. н., с.н.с.

Д. І. Курбатов

Керівник НДР  
зав. кафедри технології  
машинобудування, верстатів та інструментів  
д. т. н., професор

В. О. Залога

Суми 2016

Рукопис закінчено 20 грудня 2016 р.  
Результати роботи розглянуто науковою радою СумДУ,  
протокол № 04 від 23 грудня 2016 р.

**СПИСОК АВТОРІВ**

Керівник НДР, гол. наук. співроб., д-р техн. наук	_____ _____	В. О. Залога (реферат, вступ, висновок, розділи 1, 2, 3, 4)
Відповідальний виконавець, ДП № 51.20.01-01.16/18.зф/п1 канд. техн. наук	_____ _____	О. В. Івченко (розділ 1, 2, 3, 4, висновок)
Виконавець, ДП № 51.20.01-01.16/18.зф/п1 канд. техн. наук	_____ _____	В. О. Іванов (розділ 1, 2, 3, 4)
Пров. наук. співроб., д-р техн. наук	_____ _____	Д. В. Криворучко (розділи 1, 2, 4)
Мол. наук. співроб.	_____ _____	О. О. Залога (розділ 2, 3, 4)
Інженер, канд. техн. наук	_____ _____	Ю. О. Денисенко (розділ 1, 2, 3)
Інженер	_____ _____	Т. Г. Давидова (розділ 1)
Інженер, канд. техн. наук	_____ _____	Д. О. Жигилій (розділ 4)

Інженер	_____	І. Ю. Заїка (розділ 1, 4)
Інженер	_____	О. Г. Залога (розділ 1, 2)
Інженер, канд. техн. наук	_____	В. О. Колесник (розділ 3)
Інженер	_____	Н. В. Сущенко (розділ 3, 4)
Лаборант	_____	Я. В. Багрій (розділ 2, 3)
Лаборант	_____	Р. О. Залога (розділ 1, 4)
Лаборант	_____	М. О. Косов (розділ 3)
Лаборант	_____	Є. С. Лобов (розділ 2)
Лаборант	_____	М. В Сидоренко (розділ 4)
Лаборант	_____	В. В. Федоришин (розділ 3)

Лаборант

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

С. П. Холявка  
(розділ 4)

Лаборант

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Д. О. Шапошніков  
(розділ 2, 3)

## РЕФЕРАТ

Звіт: 174 с., 36 рис., 16 табл., 173 джерела.

### ЛЕЗО МЕТАЛОРИЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ, ЯКІСТЬ, ІНФОРМАЦІЯ, СИСТЕМИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

Об'єкт дослідження – сукупність процесів з інструментального забезпечення промислових виробництв подвійного призначення.

Предмет дослідження – теорія оцінки зносу, стійкості, ресурсу та продуктивності різальних інструментів з врахуванням невизначеності цих показників в реальних виробничих умовах.

Мета проекту – є розроблення наукових і методологічних основ оцінювання якості (технологічних властивостей) покупних різальних інструментів та прогнозування їх стану безпосередньо у процесі оброблення.

Методи дослідження: теоретичні дослідження базуються на використанні принципів TQM під час управління якістю інформаційної системи інструментальної підготовки виробництва. 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 й експертних оцінок.

У ході виконання науково-дослідної роботи на основі логіко-структурного аналізу та опрацювань статистичних даних щодо діяльності машинобудівних підприємств з дрібносерійним та одиничним типом виробництва та за допомогою встановлених принципів і методів формування баз даних створена система техніко-економічних показників якості металорізального інструменту, що купується, з врахуванням невизначеності інформації для конкретних виробничих умов машинобудівного підприємства.

Теоретичні положення доведені до рівня конкретних методик і практичних рекомендацій, які створюють умови для впровадження у виробництво.

## ЗМІСТ

Вступ.....	9
Розділ 1 Сучасний стан проблеми управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва .....	11
1.1 Управління якістю інструментальної підготовки виробництва сучасного машинобудівного підприємства .....	11
1.2 Сучасний стан управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва в умовах функціонування інформаційних технологій .....	15
1.3 Дослідження методів прогнозування .....	35
1.4 Управління техніко-економічними показниками інформаційної системи інструментальної підготовки виробництва .....	37
1.4.1 Основні засади побудови системи техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва .....	37
1.4.2 Сучасний стан проблеми управління витратами під час інструментальної підготовки виробництва .....	40
1.5 Висновок .....	45
Розділ 2 Розроблення моделі управління якістю інструментальної підготовки виробництва в умовах прогнозування на базі функціонування інформаційних технологій.....	47
2.1 Концептуальна модель інформаційної системи управління інструментальною підготовкою виробництва.....	47
2.2 Розроблення класифікації техніко-економічних показників та витрат на якість процесів інформаційної системи інструментальної підготовки виробництва .....	52
2.2.1 Класифікація техніко-економічних показників .....	52
2.2.2 Класифікація витрат на якість процесів.....	62
2.3 Математична модель прийняття рішень в інформаційній системі управління якістю інструментальної підготовки виробництва.....	71
2.3.1 Загальна концепція моделі прийняття рішень.....	71

2.3.2 Застосування методів оптимізації на графі для реалізації моделі прийняття рішень .....	79
2.3.3 Бальне оцінювання техніко-економічних показників на основі застосування теорії нечітких множин .....	81
2.3.4 Застосування марківських ланцюгів при визначенні ймовірності здійснення обраної стратегії .....	94
2.4 Висновок .....	98
Розділ 3 Експериментальне обґрунтування методу прийняття рішень під час управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва .....	101
3.1 Обґрунтування вибору раціонального методу прогнозування техніко- економічних показників інструментальної підготовки виробництва.....	101
3.2 Практична реалізація запропонованої моделі управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва .....	108
3.3 Обґрунтування ефективності впровадження методики прийняття рішень в інформаційній системі інструментальної підготовки виробництва .....	118
3.4 Висновок .....	124
Розділ 4 Сучасний стан та шляхи розвитку питання оцінювання якості лез різальних інструментів .....	126
4.1 Показники якості різального інструменту.....	126
4.2 Показники якості змінних многогранних пластин у процесі їх експлуатації.....	130
4.3 Методи оцінки якості промислової продукції .....	133
4.3.1 Диференціальний метод.....	133
4.3.2 Метод комплексної оцінки рівня якості.....	135
4.3.3 Змішані методу оцінки якості продукції.....	137
4.3.4 Метод інтегральної оцінки рівня якості продукції .....	139
4.3.5 Економічна оцінка якості продукції .....	141
4.3.6 Метод експертної оцінки рівня і показників якості продукції. ....	144

4.4 Дослідження питань нормалізації вимог щодо якості металорізального інструменту на всіх етапах його життєвого циклу .....	148
4.5 Імітаційне моделювання процесу різання .....	151
4.6 Висновок .....	153
Висновки .....	155
Перелік джерел посилання .....	158



## ВСТУП

Звіт виконувався в рамках НДР № 51.20.01-01.16/18.3Ф.

Проект направлено на створення науково-методологічних основ управління процесом інструментального забезпечення виробництв дрібносерійних багатоменклатурних підприємств машинобудівного комплексу в умовах використання покупного різального інструменту на основі: проведення вхідного контролю, що базується на не руйнівному експрес оцінюванні якості лез інструменту й форсованих методів оцінки його стійкості та застосуванні скінчено-елементного аналізу стосовно прогнозування ресурсу інструменту з урахуванням техніко-економічних показників виробництва та виконання вимог виробничого завдання. Реалізації запропонованих науково-методологічних основ стане базою знань для прикладних досліджень з розробки проекту стандарту щодо експрес оцінювання якості лез інструменту, що купується.

Перший розділ роботи направлено на дослідження сучасного стану проблеми управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва. Встановлено, що основне значення створення інформаційних систем управління на машинобудівних підприємствах – підвищення конкурентоспроможності як продукції, так і підприємства в цілому за рахунок ефективного управління інформаційними ресурсами. Це досягається завдяки автоматизації основних і допоміжних процесів та інформаційної інтеграції. Тому для одержання оперативного контролю над виробничою системою, підвищення ступеню реакції системи інструментальної підготовки виробництва (далі ІПВ) на зміни і, таким чином, підвищення ефективності виробничого процесу необхідно запропонувати концептуальний підхід до створення моделі інформаційної системи управління якістю ІПВ.

У другому розділі роботи розроблено модель управління якістю інструментальної підготовки виробництва в умовах прогнозування показників її якості на базі функціонування інформаційних технологій. Встановлено, що 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. Запропонована концептуальна модель інформаційної системи управління ІПВ з позиції саме процесного підходу, яку можна зобразити у вигляді трьох взаємозалежних моделей: організаційної моделі ІПВ, інформаційної моделі системи ІПВ і системи управління якістю ІПВ.

У третьому розділі експериментально обґрунтовано методу прийняття рішень під час управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва. Визначено критерії вибору методу прогнозування, який найбільш адекватно враховує специфіку конкретного процесу ІПВ. На основі визначених критеріїв за допомогою експертного методу проведена кількісна оцінка застосування методів прогнозування показників результативності процесів ІПВ. Апробована математична залежність процесу прийняття рішення під час управлінні якістю процесів ІС ІПВ. Доведено, що вона дозволяє в розробленій ІС ІПВ приймати ефективні оперативні рішення.

В четвертому розділі розглянуто сучасний стан та шляхи розвитку питання оцінювання якості лез різальних інструментів. За результатами досліджень методів оцінки якості було встановлено, що вони залежить від цілей і етапу цієї оцінки. Встановлено, що для вибору найкращого варіанту за результатами випробувань дослідних зразків бажано використовувати метод оцінки за спрощеною цільовою функцією. Цільовою функцією (ЦФ) називають рівняння зв'язку комплексного показника з одиничними, отримане на основі експерименту або теоретичного аналізу фізичних або інших закономірностей. Ці зв'язки ближче до реальних, ніж, наприклад, зв'язку, встановлені експертами. Вони враховують велику кількість залежностей.

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

#### 1.1 Управління якістю інструментальної підготовки виробництва сучасного машинобудівного підприємства

Інструментальна підготовка виробництва (далі ІПВ) є ваговою складовою виробничого процесу машинобудівного підприємства. ІПВ створюється з метою управління постачанням необхідного інструмента і оснащення, а також їх зберіганням та експлуатацією. Значення інструментального господарства підприємства визначається тим, що його організація істотно впливає на ефективність основного виробництва. Витрати на технологічне оснащення в масовому виробництві сягають 25–30 % вартості устаткування, у багатосерійному – 10–15 %, у дрібносерійному й одиничному – близько 5 %. Частка витрат на оснащення в собівартості продукції становить відповідно: 1, 4–5, 4–6, 6–8 і 8–15 % і більше [1–3].

Без інструментального забезпечення не можуть функціонувати такі процеси виробництва, як проектування та розроблення продукції, матеріальне забезпечення, виробництво продукції, а також її випробування. Метою створення ІПВ є своєчасне задоволення потреб основного виробництва інструментом і оснащенням з найменшими витратами [4].

В умовах забезпечення конкурентоспроможності сучасні підприємства пред'являють досить жорсткі вимоги до ІПВ. Для виконання цих вимог інструментальне господарство повинно забезпечувати заданий рівень надійності інструменту і оснащення та при цьому формувати свою діяльність з найменшими витратами при постійному прагненні підвищення якості. Слід також враховувати факт, що сучасне інструментальне господарство часто функціонує в умовах постійної зміни номенклатури продукції основного виробництва, що призводить до постійної зміни номенклатури інструменту і оснащення. Також необхідно відмітити,

що номенклатура інструменту і оснащення може на порядок перевищувати номенклатуру основних виробів.

Задачі функціонування ІПВ включають [4, 5]:

- визначення потреб основного виробництва в номенклатурі та кількості інструменту й оснащення, а також потреби в інструментальних матеріалах;
- планування забезпечення (придбання чи виготовлення) інструменту й оснащення, в тому числі планування діяльності інструментального цеху з їх виготовлення, ремонту чи відновлення;
- забезпечення необхідних умов організації підготовки технологічного оснащення;
- забезпечення належного зберігання технологічного оснащення, механізація та автоматизація його складання;
- вдосконалення системи обліку наявності та обігу інструменту й оснащення;
- забезпечення нормативного запасу інструменту та оснащення;
- вживання заходів, які направлені на підвищення ефективності та результативності ІПВ, скорочення витрат на інструмент та оснащення;
- технічний нагляд за експлуатацією інструменту й оснащення;
- утилізація відходів ІПВ.

На цей час на машинобудівних підприємствах існують три типи систем організації інструментального господарства.

Централізована система передбачає, що підготовка, придбання, облік, зберігання та ряд інших інструментальних функцій здійснює один інструментальний цех, який розташований в зоні основного виробництва підприємства.

При децентралізованій системі ці функції здійснюють самостійні інструментальні ділянки цеху, які не пов'язані один з одним і знаходяться в безпосередньому підпорядкуванні адміністрації цеху основного виробництва.

Змішана система передбачає централізоване забезпечення основних цехів і децентралізоване для решти цехів і дільниць виробництва.

У роботах О. В. Івченко, Ю. К. Перського [6, 7] зазначено, що структура системи інструментальної підготовки виробництва залежить від ряду факторів таких, як тип виробництва, рівень обладнання, складність виробів, що виготовляються. До основних підрозділів ІПВ відносяться [4, 5]: служба управління інструментальним господарством (відділ інструментального виробництва, бюро інструментального господарства); інструментальний цех/дільниця; склади інструмента і оснащення (центральний інструментальний склад, центральний абразивний склад); інструментальне господарство виробничих цехів (інструментально-роздавальна комора, абразивно-роздавальна комора, комора пристроїв, дільниця централізованого заточування інструмента, ремонтно-інструментальна дільниця і т. ін.); служба універсально-збірною переналагоджуваного оснащення. В цілому типову структурну схему управління системою ІПВ можна представити у вигляді рисунку 1.1.

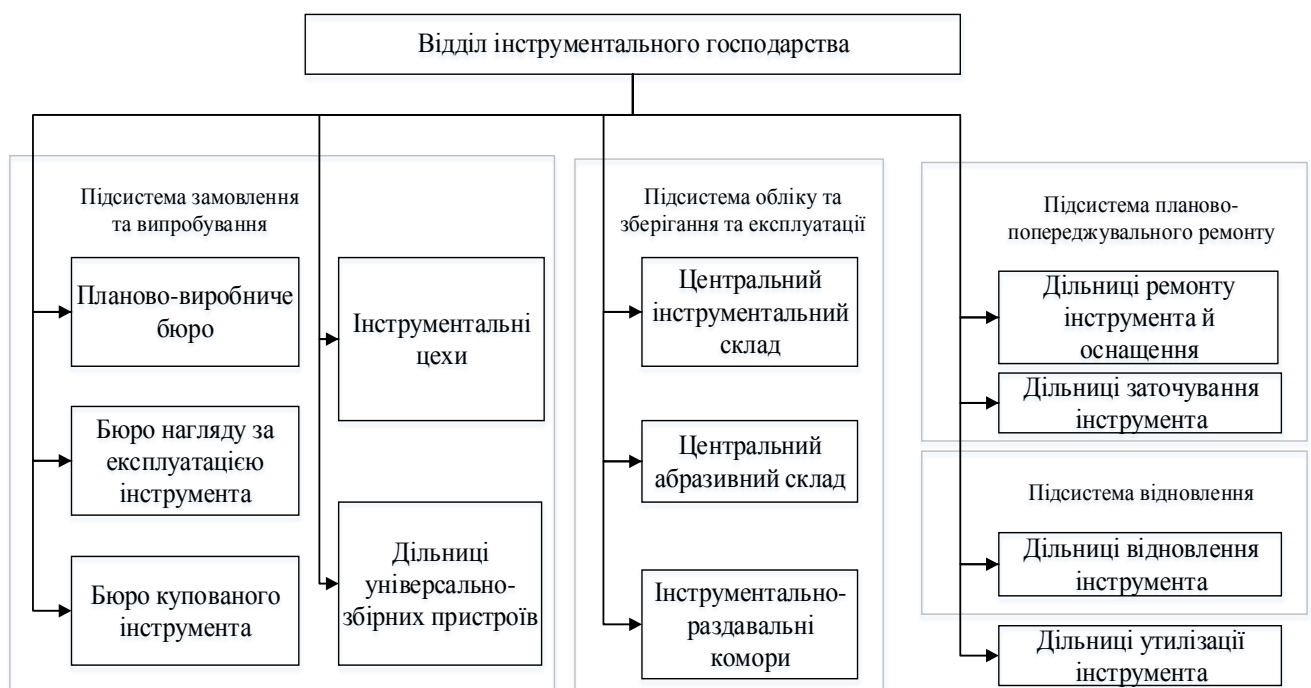


Рисунок 1.1 – Типова структурна схема управління системою ІПВ

Слід відмітити, що при одиничному типі виробництва машинобудівні підприємства не мають власного інструментального виробництва. На сьогодні існує

велика кількість іноземних та вітчизняних спеціалізованих підприємств, які займаються постачанням інструменту й оснащення на машинобудівні підприємства.

У [8] відзначено п'ять варіантів взаємовідносин спеціалізованих підприємств-постачальників інструменту та оснащення з машинобудівними підприємствами України. Перший варіант організації інструментозабезпечення включає в себе тільки постачання інструменту по специфікації, яка видається споживачем. У другому варіанті передбачається також відповідальність за правильний підбір інструмента. У третьому варіанті постачальник послуги інструментозабезпечення доставляє інструмент до верстата, здійснює технічну підтримку процесу виробництва, керує складом і відповідає за постійне поліпшення технічної та економічної складової. Четвертий варіант інструментозабезпечення основного виробництва сторонніми організаціями передбачає утримання у споживача бригади своїх співробітників для оперативного вирішення проблем, що виникають на робочому місці. П'ятий варіант – в додаткові послуги постачальника включається відновлення ріжучих властивостей інструменту, його налаштування поза верстатом, оптимізацію процесу обробки.

Проте більшість спеціалізованих підприємств вирішують тільки питання постачання уніфікованого інструменту та оснащення на основне виробництво. Питання ж проектування, розроблення та виготовлення спеціального інструменту й оснащення вирішується власноруч машинобудівними підприємствами.

Особливістю процесів ІПВ є неоднозначність їх протікання, а також багатозначність їх можливих станів та варіантів прийняття рішень. В момент прийняття рішень стосовно ІПВ дуже важливим є отримання найбільш точних та повних даних (стан обладнання, час постачання). Отримання недостовірних, неповних або неточних даних може викликати ризик невиконання мети ІПВ, а саме погіршення якості, або невиконання строків поставки їх на робочі місця, або збільшення витрат на ІПВ. Звісно це може спричинити погіршення продукції основного виробництва чи зменшити прибуток підприємства і т. ін. Все це зазвичай призводить до створення на підприємстві страхових запасів інструменту.

Результатом управління ризиком дефіциту інструменту виникає потреба в прогнозуванні. Сутність методів прогнозування [59–61, 104] полягає в періодичній розробці сценаріїв протікання процесів ІПВ, в визначенні якості процесів ІПВ, їх станів та знаходженні «вузьких місць» в ІПВ. Вагомим фактором у вдосконаленні підходів щодо прогнозування є створення системи інформаційної підтримки ІПВ. Для отримання та аналізу даних при прогнозуванні необхідні значні витрати часу та матеріальних ресурсів. Тому доцільно виконувати цю функцію в інформаційній системі управління якістю процесів ІПВ (ІС ІПВ).

## **1.2 Сучасний стан управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва в умовах функціонування інформаційних технологій**

За результатами аналізу нормативного забезпечення виробничих процесів машинобудівних підприємств було встановлено, що діяльність щодо ІПВ регламентується нормативними документами, вимоги яких розроблені відповідно до положень і принципів забезпечення якості, регламентованими ще в період існування СРСР, наприклад, методичними вказівками [4], вимоги яких розроблені відповідно до положень і принципів забезпечення якості, регламентованими ще в період існування СРСР та орієнтовані на ведення планового народного господарства. В той же час розроблене в роботі [6] нормативне забезпечення враховує вимоги TQM, але не дозволяє використовувати весь потенціал системи ІПВ для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняного машинобудівного комплексу в сучасних умовах ведення бізнесу шляхом використання інформаційних технологій.

У ході аналізу світового досвіду в області вдосконалювання нормативного забезпечення управління виробництвом встановлено, що нормативне забезпечення управління системою ІПВ повинно задовольняти вимогам як до управління організаційною структурою, так і до механізмів управління ресурсами, оптимізації процесів даної системи на підприємстві, а також можливості адаптації даних процесів до умов зовнішнього середовища. Це, у свою чергу, для прийняття управлінських рішень вимагає використання все більшого обсягу оперативної

інформації, наслідком чого є формування як нових вимог до створення нормативного забезпечення процесів системи ІПВ підприємства, так і зміни принципів здійснення ще діючого в цей час відповідно до [4] застарілого документообігу.

Аналіз сучасних тенденцій в управлінні виробництвом машинобудівної галузі показав, що окрім впровадження інформаційних систем (ІС), одним з основних напрямків у підвищенні ефективності діяльності підприємств є розробка й впровадження систем якості, відповідних до принципів TQM з наступною сертифікацією на відповідність вимогам міжнародних стандартів, наприклад, ДСТУ ISO 9001 [9]. В той же час широке впровадження програмних засобів з автоматизації різних робіт як управлінського, так і виробничого характеру обумовлюється використанням інформаційних систем управління виробництвом. Система ІПВ, що функціонує на сучасному машинобудівному підприємстві, повинна розглядатися тільки в рамках єдиної інформаційної системи управління підприємством. З точки зору формування інформаційної системи ІПВ (ІС ІПВ) існуючі на даний момент інтегровані системи питань інструментозабезпечення відводять другорядну роль і не забезпечують інформаційної взаємодії між різними рівнями управління. А інструмент в таких системах виступає в якості ресурсу і не аналізується як керований учасник технологічного процесу.

Існують окремі системи інструментозабезпечення, такі як AutoTAS, Leitz Tool Information Management (TIM), eTMS Tadcon, GTMS, які застосовують підхід до управління Tool Management і відповідають сучасним вимогам ефективного управління. Проте в рамках даного підходу інструмент, а також його інформаційний супровід не розглядається з урахуванням CALS-технології, тобто використовувани математичні моделі управління інструментозабезпеченням, розроблені в рамках Tool Management, не охоплюють усі етапи життєвого циклу інструменту і можуть бути використані в обмежених умовах [10–13].

Система управління ІПВ, що розроблена в рамках Tool Management, може бути використана для отримання збірок інструментів і карти інструменту, що



використовується в розробленні робочих циклів, САМ програмуванні та підготовку інструментів в їх профілях, забезпечення правильної раціоналізації і стандартизації інструменту (рис. 1.2).

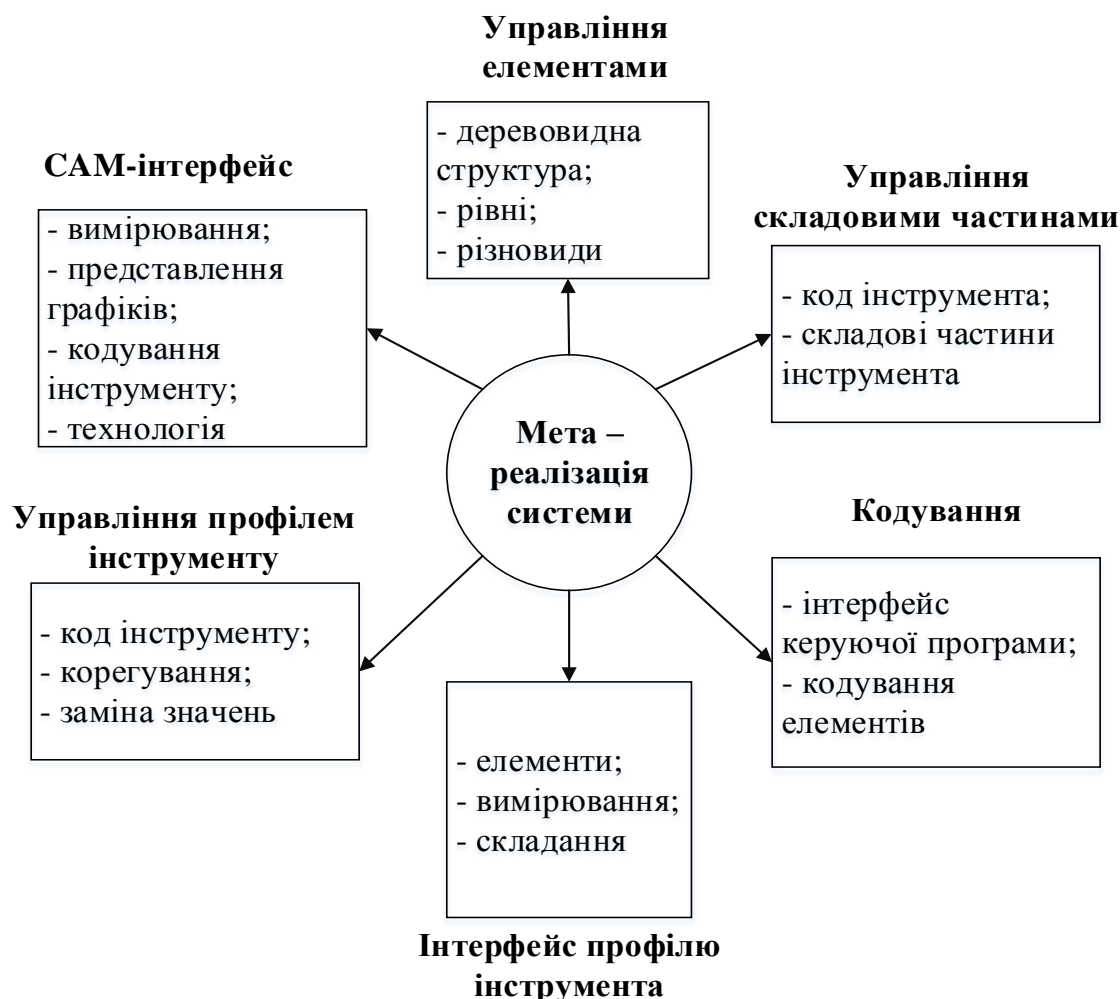


Рисунок 1.2 – Система управління інструментом, розроблена в рамках Tool Management

Функції, що надаються системою, яка функціонує в рамках Tool Management включають [10–13]:

- організація і створення файлів для представлення елементів, простежування, області застосування;
- автоматичну генерацію кодів елементів, які повинні бути пов'язані з аналоговими функціями програмного забезпечення для управління підприємством;
- ручне або автоматичне створення складальних вузлів, а також автоматична генерація коду складання та геометричних параметрів складання;

- створення шляхів із запчастинами і комплектуючими;
- ідентифікація експлуатації та утилізації;
- графічне представлення окремих елементів і елементів завершеного складеного інструменту;
- генерація карт інструменту та моніторингу елементів, які використовуються;
- інтеграція із системою САМ, що дозволяє передачу складальних креслень і зв'язок між двома середовищами;
- інтеграція з номерами інструменту з програмного забезпечення.

Будь-яка продукція, що випускається підприємством, проходить через етапи, які мають певну послідовність і охоплюють сферу виробництва й послуг. Дані етапи взаємозалежні й становлять життєвий цикл продукції. Етапи ЖЦ утворюють «петлю якості» – концептуальну модель взаємозалежних видів діяльності, що впливають на їхню якість на різних стадіях – від визначення потреб до оцінки їх задоволення. У той же час ЖЦ продукції інструментального господарства промислового підприємства (технологічне оснащення, вимірювальні та різальні інструменти тощо) характеризується деякими особливостями, пов'язаними з використанням даної продукції, у першу чергу, для цілей власного основного виробництва. Крім того на більшості вітчизняних машинобудівних підприємств, як правило, організовується власне проектування та виготовлення спеціалізованих видів технологічної оснастки та інструментів як у спеціальних бюро, відділах, ділянках основних цехів, так і окремих цехах з достатньо великою номенклатурою виробів, які у більшості своїй є складними. Інакше кажучи, система ІПВ являє собою «завод у заводі». Власне в цьому і є специфіка організації нормативного забезпечення ЖЦ інструментів, оснащення та інших виробів інструментального виробництва (ІВ).

Аналіз показує, що застосування Tool Management практично на будь-якому підприємстві при ІПВ по своїй суті зводиться до управління профілями (картками) інструмента та оснащення і не враховує цю специфіку ІПВ.

Окрім Tool Management інструментальне виробництво в наш час є одним із основних споживачів (до 30 %) ринку CAD/CAM-систем і послуг [2]. Тому проблема комп'ютеризації ПІВ, у свою чергу, не повинна обмежуватися питаннями, так званого, наскрізного комп'ютерного проектування й виробництва тільки лише нових виробів. При вирішенні даної проблеми, на наш погляд, повинні враховуватися сучасні світові тенденції в управлінні якістю, плануванні ресурсів і потужностей, а також у підвищенні ефективності й результативності всіх процесів, що забезпечують життєдіяльність підприємства.

Із практики багатьох сучасних підприємств, у т. ч. і закордонних компаній, можна зробити висновок про те, що система менеджменту підприємства на даний час характеризується ступенем використання інформаційних технологій, основу яких становлять модулі, які відповідають вимогам стандартів CALS-технологій [14]. Не дивлячись на те, що CALS-технології впроваджуються вже більше 30 років, існує велика кількість праць, присвячених їх розробці, впровадженню та підтримці [14–21]. У наш час для управління матеріальними ресурсами на переважній більшості підприємств вже досить ефективно застосовуються модулі ERP-систем і інший інструментарій CALS-технологій (PDM, CRSP, SRM, OLAP, DM і т. ін.) [6, 7].

Вивченням сучасних інформаційних технологій займаються ряд вчених: Г. Г. Верніков [22], А. І. Левін та Є. В. Судов [23, 24] та ін. Інформаційному забезпеченню на промислових підприємствах присвячені роботи С. А. Волчкова [25], М. П. Куцевича [26], В. А. Окулеського та О. В. Синенко [27], О. Н. Чорної [28].

CALS-технології представляють собою методологію створення єдиного інформаційного простору на промисловому підприємстві, що забезпечує взаємодію всіх промислових автоматизованих систем (АС). У цьому змісті предметом CALS є методи й засоби як взаємодії різних АС і їх підсистем, так і самі АС із урахуванням усіх видів їх забезпечення [29].

Для вирішення завдання взаємодії процесів виробництва та інформаційних систем на сьогодні розробляється програмне забезпечення інтегрованих

інформаційних систем підприємства на основі концепції систем PLM (Product Lifecycle Management) [30]. Вивчення можливостей вітчизняних і закордонних PLM-систем показало, що в них реалізована інтеграція в єдиний інформаційний простір машинобудівного підприємства CAD/CAM/CAE/PDM-систем, тобто процесів конструкторської й технологічної підготовки виробництва. Для здійснення взаємодії систем, що реалізують процеси основних стадій життєвого циклу (ЖЦ) виробів, що визначають ефективність роботи підприємства, у цей час використовуються методи інтеграції на основі даних бази технічної документації, програмного обміну через структуровані файли даних або API-інтерфейс (Application Programming Interface).

Так К. С. Кульга в своїй роботі [30] запропонував інтегровану інформаційну систему управління (ІСУ) (рис. 1.3), яка забезпечує комплексну автоматизацію функцій CAD/CAM/CAE/PDM/FRP/MRP/MES-систем та програмну інтеграцію ІСУ та ERP-систем в єдиний інформаційний простір машинобудівного підприємства.

Вікіпедія трактує термін CALS як: «...Continuous Acquisition and Life cycle Support – концепція і ідеологія інформаційної підтримки ЖЦ продукції на всіх його стадіях, заснована на використанні єдиного інформаційного простору (інтегрованого інформаційного середовища (ІС)), що забезпечує способи взаємодії всіх учасників цього циклу: замовників продукції (включаючи державні установи і відомства), виробників і постачальників продукції, експлуатаційного і ремонтного персоналу, реалізована у формі міжнародних стандартів, що регламентують правила вказаної взаємодії переважно за допомогою електронного обміну даними» [20].

Стратегія CALS базується на основних принципах: реінжиніринг бізнес-процесів, застосування сучасних інформаційних технологій, застосування методів «паралельної» розробки, стандартизацію в галузі спільного використання даних і електронного обміну даними [15].

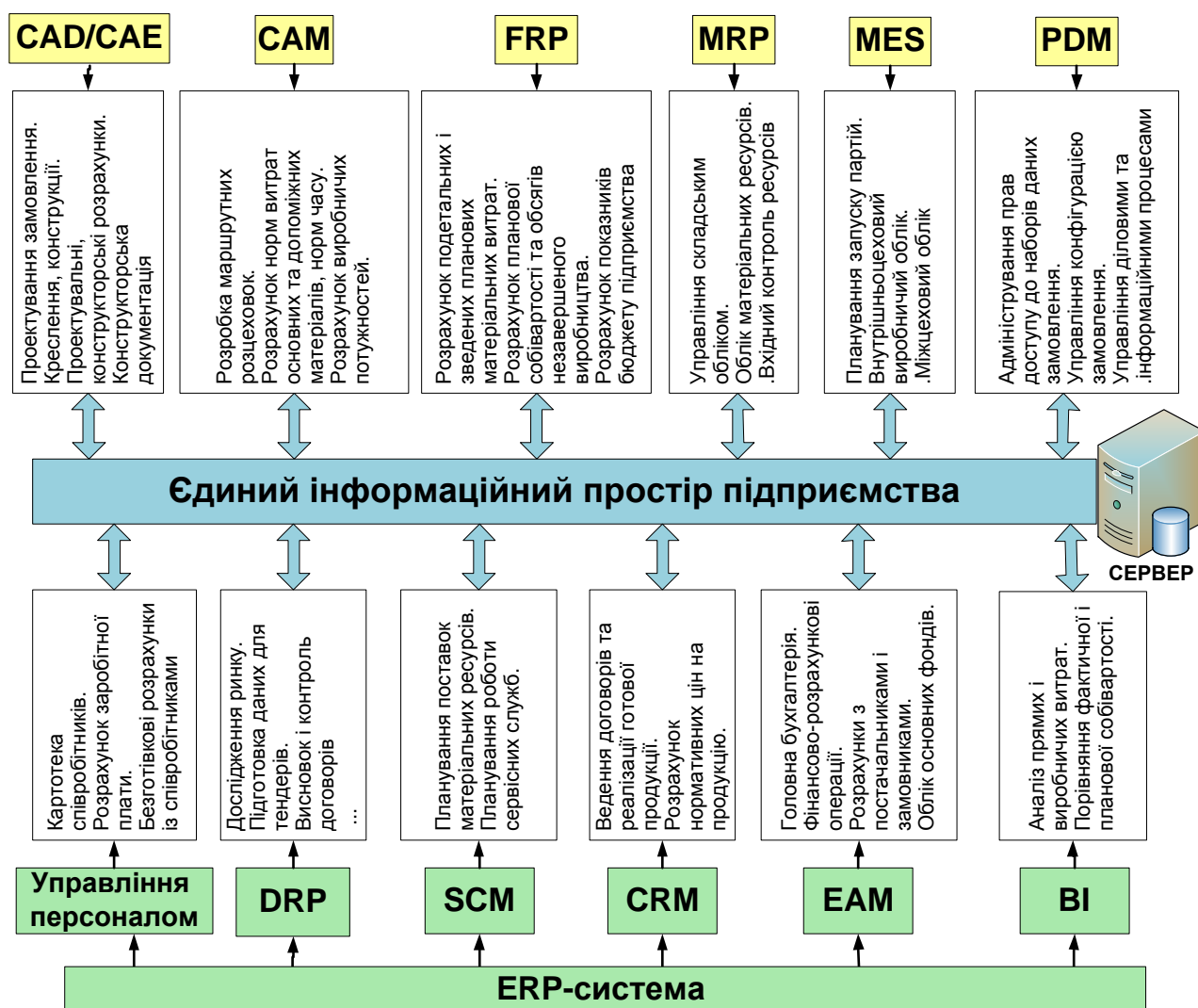


Рисунок 1.3 – Структура ІСУ машинобудівного підприємства.

Інформаційній підтримці життєвого циклу машинобудівної продукції присвячені роботи А. М. Ковшова [31], С. В. Назарова [32] та ін.

Життєвий цикл виробів включає ряд етапів, починаючи від зародження ідеї нового продукту до його утилізації по закінченню строку використання. До них відносяться етапи маркетингових досліджень, проектування, технологічної підготовки виробництва (ТПВ), власне виробництва, післяпродажного обслуговування й експлуатації продукції, утилізації.

На всіх етапах учасники ЖЦ прагнуть досягти поставлених цілей з максимальною ефективністю. На етапах проектування, ТПВ і виробництва потрібно забезпечити виконання вимог, пропонованих до продукту, який виробляється, при заданому ступені надійності виробу й мінімізації матеріальних і тимчасових витрат,

що необхідно для досягнення успіху в конкурентній боротьбі в умовах ринкової економіки. Поняття ефективності охоплює не тільки зниження собівартості продукції та скорочення строків проектування і виробництва, але й забезпечення її якості, конкурентоспроможності та зручності освоєння й зниження витрат на майбутню експлуатацію виробів.

Досягнення поставлених цілей на сучасних підприємствах, виявляється неможливим без широкого використання автоматизованих систем (АС), заснованих на використанні комп'ютерної техніки, інших сучасних засобів та відповідного програмного забезпечення, призначених для створення, переробки й використання всієї необхідної інформації про вимоги і поточний стан як виробів, так і всіх процесів, що супроводжують виконання заходів, і направлених на забезпечення вимог споживачів продукції. Різноманітність застосовуваних при цьому АС обумовлюється специфікою завдань, що розв'язуються на різних етапах життєвого циклу виробів (рис. 1.4).

Враховуючи ту обставину, що ППВ прямо чи опосередковано відноситься (торкається) всіх без виключення етапів ЖЦІ любого виробу, коротко розглянемо під кутом ефективного використання сучасних інформаційних технологій (CALS технологій) структурні складові (процеси) кожного з них (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Типи автоматизованих систем, що використовуються на відповідних етапах життєвого циклу промислової продукції

Метою маркетингових досліджень в першу чергу є аналіз стану ринку та прогнозна оцінка попиту на продукцію, яку планується виробляти, а також формулювання (встановлення) вимог до технічних характеристик виробів. Забезпечити досягнення цілей цього та ще трьох (проектування, підготовка виробництва, виробництво) подальших етапів ЖЦ дозволяють достатньо успішно забезпечувати системи PLM [33–35], які є складовими сучасного інформаційного середовища, функціонування якого забезпечується принципами CALS/PLM, що забезпечують інформаційну інтеграцію всіх процесів на кожній із стадій життєвого циклу продукції [36]. Вивчення можливостей вітчизняних і закордонних CALS/PLM показало, що в них реалізована інтеграція в єдиний інформаційний простір машинобудівного підприємства CAD/CAM/CAE/PDM-систем, тобто процеси конструкторської й технологічної підготовки виробництва.

До числа базових принципів CALS/PLM відносяться [37]:

- системна інформаційна підтримка життєвого циклу виробу на основі використання інтегрованого інформаційного середовища, забезпечуючи мінімізацію витрат упродовж ЖЦ;
- інформаційна інтеграція, виконувана за допомогою стандартизації інформаційного опису об'єктів управління;
- розділення програм і даних на основі стандартизації структур даних і інтерфейсів доступу до них, орієнтація на готові комерційні програмно-технічні рішення, відповідні вимогам стандартів;
- без паперове представлення інформації, використання електронно-цифрового підпису; вживання розрахованої на багато користувачів бази даних;
- паралельний інжиніринг бізнес-процесів, що припускає виконання процесів розробки і проектування одночасно з моделюванням процесів виготовлення і експлуатації; безперервне вдосконалення підприємницької діяльності (реінжиніринг бізнес-процесів).

Технологія управління всіма процесами включає: управління проектами і завданнями; управління ресурсами; управління якістю; інтегровану логістичну підтримку.

На етапі проектування виконуються проектні процедури – формування принципового рішення, розробка геометричних моделей і креслень, розрахунки, моделювання процесів, оптимізація й т. ін. Етап проектування включає всі необхідні стадії, починаючи із зовнішнього проектування, вироблення концепції (вигляду) виробу й закінчуючи випробуваннями пробного зразка або партії виробів. Зовнішнє проектування звичайно включає розробку технічної та комерційної пропозицій і формування технічного завдання на основі результатів маркетингових досліджень і/або вимог, пред'явлених замовником.

Автоматизація проектування здійснюється САПР. У САПР машинобудівних галузей прийнято виділяти системи функціонального, конструкторського й технологічного проектування. Перші з них називають системами розрахунків і інженерного аналізу або системами CAE (Computer Aided Engineering). Системи конструкторського проектування називають системами CAD (Computer Aided Design). Проектування технологічних процесів виконується в автоматизованих системах технологічної підготовки виробництва, що входять як складова частина в системи CAM (Computer Aided Manufacturing).

Для вирішення проблем спільного функціонування компонентів САПР різного призначення, координації роботи систем CAE/CAD/CAM, управління проектними даними й проектуванням розробляються системи, що одержали назву систем управління проектними даними PDM (Product Data Management) [21].

Ці програмні компоненти є зв'язуючою ланкою між технічними (проектуючими) та організаційно-економічними (керівниками) системами підприємства. Системи PDM або входять до складу модулів конкретної САПР, або мають самостійне значення й можуть працювати разом з різними САПР. Функції сучасних систем PDM – супровід документообігу на рівні існуючих варіантів рішень, що особливо актуально в сучасних умовах для виробництва. Тому розвиток



ідеології побудови систем автоматизації виробничих процесів вимагає більш глибокого впровадження проектуючих комплексів в потоки конструкторської, технологічної і організаційно-економічної інформації. Електронна модель виробу об'єднує і систематизує дані з різних інформаційних автоматизованих підсистем підприємства (CAD, CAM, ERP та ін.). В моделі повинна відображатися інформація не тільки про виріб, але і пов'язане з ним відповідне середовище (інструменти, пристосування, оснащення, устаткування, персонал і т. ін.).

Впровадження систем PLM дозволяє скоротити тривалість етапу розробки за рахунок підвищення ефективності взаємодії, підвищення кількості повторно використовуваних деталей і запозичених рішень, скорочення витрат на усунення помилкових рішень тощо [38].

Тривалість етапу підготовки виробництва також відчутно скорочується із впровадженням систем PLM у тому випадку, коли ще до початку цього етапу вже мається повна й достовірна специфікація на виріб, що випускається. На цьому етапі розробляються маршрутна й операційна технології виготовлення деталей, реалізовані в програмах для верстатів ЧПК; технологія складання й монтажу виробів; технологія контролю й випробувань. На етапі виробництва здійснюються: календарне й оперативне планування; придбання матеріалів і комплектуючих з їхнім вхідним контролем; усі необхідні види обробки деталей; контроль результатів обробки; складання; випробування та підсумковий контроль.

Стандарт управління рівня MRP (Material Requirements Planning) системи передбачає використання інформаційної системи планування матеріальних ресурсів. В практиці MRP – це програмний продукт, логіка роботи якого спрощено може бути наведена у вигляді схеми, наведеної на рис. 1.5.

Впровадження MRP-систем має значні результати: зниження рівня запасів на 16–30 %, зниження витрат на закупівлі на 7–13 % та зростання ефективності роботи відділів на 11–20 % [40].

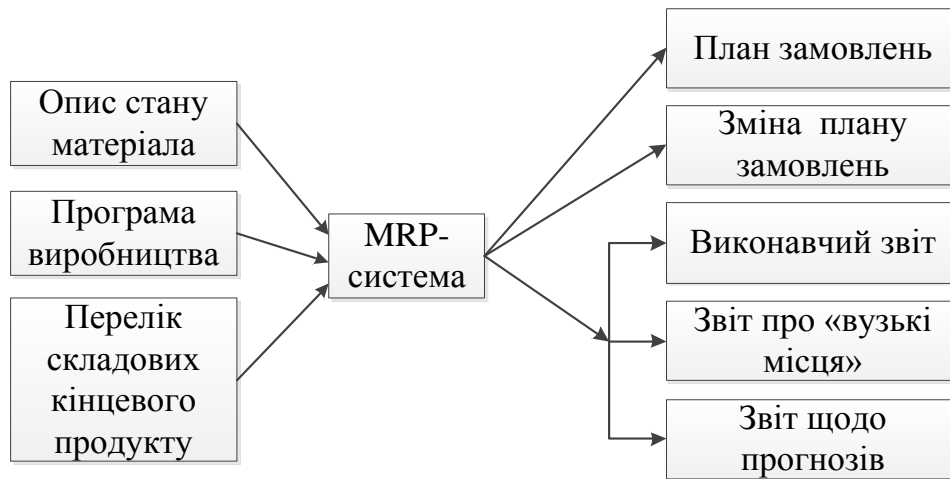


Рисунок 1.5 – Вхідні та вихідні дані системи MRP [39]

По суті, MRP-методологія являє собою сукупність методів та алгоритм оптимального управління замовленнями на готову продукцію, виробництвом та запасами сировини й матеріалів, реалізовану за допомогою автоматизованих комп'ютерних систем. MRP-система дозволяє оптимально завантажувати виробничі потужності і при цьому закуповувати саме стільки матеріалів і сировини, скільки необхідно для виконання поточного плану замовлень і саме стільки, скільки можливо обробити за відповідний цикл виробництва. Тим самим планування поточної потреби в матеріалах дозволяє суттєво розвантажити склади як і сировини й комплектуючих, так і склади готової продукції [39].

Цикл роботи MRP-системи складається з наступних основних робіт (процесів).

1. Аналіз прийнятої програми виробництва та визначення оптимального графіку виробництва на період, який планується.

2. Включення в планування у якості окремих пунктів матеріалів і комплектуючих, не включених до виробничої програми, але вказаних в поточних замовленнях,.

3. Обчислення на основі затвердженої програми виробництва і замовлень на комплектуючі, що не входять до неї, повної потреби для кожного окремого матеріалу відповідно до переліку складових кінцевого продукту.

4. Розрахунок на основі повної потреби у кожному матеріалі, із врахуванням його поточного статусу для кожного періоду часу, чистої потреби у ньому. Якщо чиста потреба в матеріалі на даний момент більша за нуль, то система автоматично генерує замовлення на нього.

5. Внесення, в разі необхідності, змін з метою уникнення передчасного постачання чи затримки постачання в усі замовлення, створені раніше поточного періоду планування.

Для того, щоб виробнича програма була здійсненна, необхідно також, щоб для виготовлення потрібної кількості виробів наявні виробничі потужності змогли обробити потрібну кількість сировини, матеріалів та комплектуючих, які пропонує складений MRP-модулем план замовлень. Власне, MRP-план є основним вхідним елементом модуля планування потреб у виробничих потужностях (CRP-модуля).

Подальшим розвитком цього підходу стали системи MRP-II (Manufacturing Resource Planning – планування виробничих ресурсів). Концепція MRP-II базується на відповідному стандарті MRP-II, розробленому в США та підтримуваному американським суспільством по контролю над виробництвом і запасами – American Production and Inventory Control Society (APICS). APICS регулярно видає документ «MRP-II Standard System», у якому описуються основні вимоги до інформаційних виробничих систем. Система MRP-II включає 16 груп функцій [39]:

1. Планування продажу і виробництва.
2. Управління попитом.
3. Складання плану виробництва.
4. Планування матеріальних потреб.
5. Специфікація продуктів.
6. Управління складами.
7. Планові поставки.
8. Управління на рівні виробничого підрозділу.
9. Планування потреб у потужностях.
10. Контроль входу/виходу.

11. Матеріально-технічне постачання.
12. Планування розподілу ресурсів.
13. Планування та управління інструментальними засобами.
14. Управління фінансами.
15. Моделювання.
16. Оцінка результатів діяльності.

Системи MRP II не позбавлені, однак і певних недоліків, серед яких:

- орієнтація системи управління лише на чинні замовлення;
- слабка інтеграція з системами проектування продукції;
- слабка інтеграція з системами проектування технологічних процесів;
- недостатня насиченість системи управління функціями управління витратами;
- відсутність інтеграції з процесами управління кадрами.

Необхідність усунення перелічених недоліків спонукала трансформувати системи MRP-II в системи нового класу ERP (Enterprise Resource Planning – система планування ресурсів). Системи цього класу більшої мірі орієнтовані на роботу з фінансовою інформацією для розв'язання задач управління у великих корпораціях з територіально розпорощеними ресурсами. Сюди включається все, що необхідно для отримання ресурсів, виготовлення продукції, її транспортування і розрахунків із замовниками.

Крім цього в системах ERP реалізовані й нові підходи до застосування графіки, використання реляційних баз даних, CASE-технологій для їхнього розвитку, архітектура обчислювальних систем типу «клієнт-сервер» і реалізації їх як відкритих систем.

Системи ERP реалізують порівняно з MRP-II наступні додаткові модулі:

- прогнозування;
- управління проектами і програмами;
- введення інформації про склад продукції;
- введення інформації про технологічні маршрути;

- управління витратами;
- управління кадрами.

Але система ERP також має як переваги, так і недоліки [41]:

переваги: зниження вартості за рахунок підвищення ефективності операцій; зменшення часу виходу продуктів на ринок; зниження витрат та браку; підвищення якості продукції; опрацювання замовлень за замкнутим циклом;

недоліки: внутрішня сфокусованість; функції, обмежені виробництвом та адмініструванням; функції продажу, маркетингу та розробки відсутні; ефективність операцій може бути скопійована та поліпшена конкурентами.

Таким чином, система ERP є покращеною модифікацією системи MRP-II. Її мета – оперувати управлінням всіма ресурсами підприємства, а не лише матеріальними, як це було в MRP-II.

Виробничий етап ЖЦ завершується консервацією, пакуванням та транспортуванням готової продукції. На пост виробничих етапах ЖЦ (експлуатація та утилізація) виконуються: монтаж у споживача; обслуговування та ремонт у процесі експлуатації; утилізація.

Для оптимізації управління логістичними ланцюжками була створена концепція SCM (Supply Chain Management), яку підтримує більшість систем класу MRP-II. SCM, покладена як компонент загальної бізнес-стратегії компанії, дозволяє суттєво знизити транспортні й операційні витрати шляхом оптимального структурування логістичних схем поставок.

Інтеграція покупця із ключовими бізнес-процесами підприємства змінює його стратегію та вимагає нову модель управління діяльністю – планування ресурсів, синхронізоване з покупцем (споживачем). Для цього застосовується концепція CSRP (Customer Synchronized Resource Planning). Використовуючи принцип CSRP, дистриб'ютор продукції здатний записати специфічні вимоги до продукту, зафіксувати ціну й автоматично послати цю інформацію в головну організацію, де інформація про вимоги до продукту динамічне перетворюється в детальні інструкції з виробництва й плануванню. Критична для покупця (споживача) інформація

динамічно інтегрується в основну діяльність підприємства. Після цього інформація про критичні переваги покупця (споживача) зберігається в центральній базі даних про споживачів, яка може використовуватися підрозділами обслуговування покупців (споживачів), технічного обслуговування, досліджень, планування виробництва тощо.

На цей час для оптимізації процесів виробництва та для підтримки конкурентоспроможності продукції з'явилася необхідність у розробці моделі діяльності підприємства, яка відображає всі механізми й принципи взаємозв'язку різних підсистем у рамках одного бізнесу. Для вирішення завдань моделювання таких систем існують методології й стандарти, до яких відносяться методології сімейства IDEF [27, 42, 43]. Особливість цих стандартів полягає в можливості з їхньою допомогою ефективно відображати й аналізувати моделі діяльності широкого спектру складних систем підприємства. При цьому широта й глибина обстеження процесів у системі визначається самим розробником, що дозволяє не перевантажувати створювану модель зайвими даними.

Розвиток і практичне застосування методології IDEF при впровадженні процесного підходу на підприємствах вносять такі вчені й фахівці, як Г. Г. Верніков [22], О. Волков [44], Е. А. Галактіонов [45], А. В. Дворніков [46], В. Е. Єлиферов та В. В. Репін [47], Г. Н. Калянов [48], Н. В. Кисельова, В. А. Окулеський [27], Colquhoun G. J. [49], J. Sarkis [50], Li Qingquan [51], R. J. Mayer [52–54] та ін.

На даний момент до сімейства IDEF можна віднести наступні стандарти [55]: IDEF0 – методологія функціонального моделювання; IDEF1 – методологія моделювання інформаційних потоків усередині системи, що дозволяє відображати й аналізувати їхню структуру й взаємозв'язки; IDEF1X (IDEF1 Extended) – методологія побудови реляційних структур; IDEF2 – методологія динамічного моделювання розвитку систем; IDEF3 – методологія документування процесів, що відбуваються в системі, яка використовується, наприклад, при дослідженні технологічних процесів на підприємствах; IDEF4 – методологія побудови об'єктно-

орієнтованих систем; IDEF5 – методологія онтологічного дослідження складних систем.

Таким чином, впровадження проаналізованих сучасних ІС дозволить одержати оперативний контроль над виробничою системою і підвищити ступінь реакції системи на зміни в технологічних процесах, дозволить скоротити витрати на них та підвищити конкурентоспроможність підприємства.

Аналіз інструментарію систем PDM, CRSP, SRM, OLAP, DM і т. ін. стосовно до кожного етапу ЖЦ продукції показує, що модулі даних систем частково виконують однакові функції. Разом з тим, аналіз показує, що стосовно до системи ІПВ машинобудівного виробництва, дані модулі практично не враховують специфіку й особливості ЖЦ технологічного оснащення й інструментів (рис. 1.6).

У той же час, однією з вимог світового ринку до виробництва будь-якої продукції є забезпечення її якості на всіх етапах життєвого циклу. При цьому управління якістю розглядається як складова частина загальної системи управління підприємством і якість присутня у всіх елементах управління бізнесом як критерій досягнення постійного росту його потенціалу. Крім цього, система управління якістю, що не інтегрована в інформаційну систему менеджменту підприємства, практично не дає переваг при використанні навіть найсучасніших комп'ютерних технологій у виробництві й випуску промислової продукції. Отже, вимоги до нормативного забезпечення як системи ІПВ, так і підприємства в цілому у теперішній час повинні забезпечувати відповідність не тільки принципам TQM, але й вимогам CALS-систем.

Аналіз відповідності вимог стандартів систем ERP й інших інструментів CALS вимогам стандарту ДСТУ ISO 9001:2009 (табл. 1.1) дозволив установити, що сучасні інформаційні системи дозволяють здійснювати ефективну підтримку процесів системи управління якістю машинобудівного підприємства. Крім того, управління інструментозабезпеченням у діючих стандартах CALS технологій розглядається найчастіше як інструментарій основного виробництва для управління ресурсами, запасами, замовленнями тощо. У той же час не слід не зважати на





специфіку ІПВ, яка полягає в тому, що система ІПВ являє собою «завод у заводі», і вимагає використання модулів CALS технологій, що стосуються кожного етапу ЖЦ будь-якої продукції інструментального виробництва.

Одним зі шляхів забезпечення конкурентоспроможності підприємств вітчизняного машинобудівного комплексу є підвищення якості інструментальної підготовки виробництва, основу якого повинно становити впровадження сучасних ІС на базі застосування CALS-технологій. Це забезпечить повноцінне використання нових методів управління, у першу чергу, системи управління якістю та дозволить здійснити ефективну підтримку процесів ЖЦ продукції інструментального господарства.

Таблиця 1.1 – Відповідність вимог стандартів систем ERP і інших модулів CALS вимогам стандарту ДСТУ ISO 9001

<b>Розділ ДСТУ ISO 9001</b>	<b>ERP</b>	<b>CALS (модулі)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1. Область застосування	–	–
2. Нормативне посилання	–	–
3. Терміни й визначення	–	–
4. Системи менеджменту якості	–	–
4.1 Загальні вимоги	–	–
4.2 Вимоги до документації	–	Управління документацією й записами з якості
5. Відповідальність керівництва	–	–
6. Менеджмент ресурсів	Управління матеріальними ресурсами й постачанням	–
6.1 Забезпечення ресурсами	Планування потреб у ресурсах (MRP)	–
6.2 Людські ресурси	–	Комп'ютерні навчальні системи
6.3 Інфраструктура	Планування потреб у потужностях	Управління виробничим устаткуванням
6.4 Робітниче середовище	–	–
7. Випуск продукції	–	–
7.1 Планування випуску продукції	Планування виробництва й складання графіка випуску продукції	–
7.3 Проектування й розробка	–	Управління проектною конфігурацією.
7.4 Закупівлі	Управління запасами	Управління фізичною конфігурацією

## Кінець табл. 1.1

1	2	3
7.5 Виробництво й надання послуг	1 MRP 2 Оперативне управління виробництвом	Управління проектною базовою конфігурацією
7.5.1 Управління виробництвом і наданням послуг	–	–
7.5.2 Твердження процесів виробництва й надання послуг	–	–
7.5.3 Ідентифікація й простежуваність	Забезпечується при виконанні модулів системи	Групування вимог, виділення ОК; твердження функціональної ДК і ідентифікація ФБК
7.5.4 Власність споживача	–	–
7.5.5 Збереження продукції	–	–
7.6 Управління контрольними й вимірвальними приладами	–	Управління пристроями для моніторингу й вимірів
8. Вимірювання, аналіз і поліпшення	–	–
8.1 Загальні положення	–	–
8.2 Моніторинг і вимірювання	–	–
8.2.1 Задоволеність споживачів	–	Моніторинг задоволеності споживачів
8.2.2 Внутрішні аудити	–	Управління аудитами якості
8.2.3 Моніторинг і вимірювання процесів	–	Моніторинг і вимірювання процесів
8.2.4 Моніторинг і вимірювання продукції	–	Моніторинг і вимірювання продукції
8.3 Управління невід-повідною продукцією	–	–
8.4 Аналіз даних	–	Статистика (аналіз дерева відмов)
8.5 Поліпшення	–	–
8.5.1 Безперервне поліпшення	–	Підтримка процесу поліпшень
8.5.2 Коригувальні дії 8.5.3 Попереджуючі дії	Прогнозування попиту та пропозицій.	Підтримка командної роботи

Аналіз рис. 1.6 і табл. 1.1 показує, що в CALS-технологіях управління інструментальним господарством забезпечується модулями управління ресурсами, запасами, замовленнями й т. ін. Однак, у ході проведених досліджень було встановлено, що при управлінні ІПВ не досить керуватися тільки лише принципами управління матеріальними ресурсами. Тут необхідно враховувати принципи управління підприємством в цілому, тому що у теперішній час на вітчизняних

машинобудівних підприємствах ліву частину інструментального господарства ще займає інструмент і оснащення власного виготовлення. Отже, у такому випадку можуть бути застосовні модулі CALS-технологій, що стосуються кожного етапу ЖЦ основної продукції й забезпечення її якості, враховуючи стосовно ІПВ її специфіку.

Також, при аналізі сучасних тенденцій у управлінні підприємством, можна зробити висновок, що нормативне забезпечення системи ІПВ в умовах застосування сучасних досягнень в області інформаційної підтримки виробництва повинне враховувати не тільки вимоги й принципи стандартів серії ДСТУ ISO 9001 версії 2009 року, але й забезпечувати вимоги й принципи стандартів CALS-технологій.

У той же час, дослідження (див. рис. 1.6 і табл. 1.1) показало, що вимоги й принципи до систем ERP і інших інструментів CALS-технологій не забезпечують можливості, аналізу ризиків і попередження можливих збоїв.

Таким чином, одним з напрямків щодо поліпшення діяльності машинобудівного підприємства, пов'язаної з інструментозабезпеченням, є розробка нормативного забезпечення системи ІПВ на основі впровадження інформаційних технологій, які б дозволяли застосовувати на їх базі методи прогнозування й оптимізації процесів.

### **1.3 Дослідження методів прогнозування**

Як зазначалось в п. 1.1 прогнозування є одним із інструментів при управлінні інструментозабезпеченням машинобудівного підприємства. Однією з суттєвих переваг процесу впровадження CALS-технологій є можливість оперативного управління інформацією та аналіз великих масивів даних, що суттєво розширює можливості застосування методів прогнозування в ІС ІПВ. Прогнозування, в свою чергу, дає можливість розкрити стійкі тенденції або обґрунтувати виникнення істотних змін у процесах, які в даний момент є недоступними для безпосереднього сприйняття й перевірки на практиці, та базується на основі виявлення й правильної оцінки стійких зв'язків і залежностей між минулим, сьогоденням і майбутнім. Таким чином, прогнозування є спеціальним науковим дослідженням перспектив розвитку

процесів у майбутньому плановому періоді й дозволяє виявити можливі альтернативні варіанти, нагромадити науковий і емпіричний матеріал для обґрунтованого вибору й ухвалення планового рішення.

Якість прогнозування залежить від правильного вибору методу прогнозування, оцінки ймовірності й інтерпретації результатів прогнозу. Тому для досягнення якості прогнозу необхідне знайомство з методологією прогнозування й можливостями конкретних методів.

В розвиток методології прогнозування зробили внесок такі вчені, як: І. В. Антохонова, Дж. Бокс, В. П. Боровіков, Г. М. Дженкінс, Дж. Ханк, Є. Г. Непомнящий, Е. Є. Тіхонов, А. П. Чернавський. [56–59].

Аналіз робіт [56–63] показав, що на цей час методи прогнозування класифікують чотирьома ознаками: за ступенем формалізації, за періодом попередження, за об'єктом дослідження та за масштабом прогнозування.

В економічно розвинених країнах усе більше поширення одержує використання формалізованих моделей прогнозування. Ступінь формалізації перебуває в прямої залежності від розмірів підприємства: чому крупніше підприємство, тем більшою мірою її керівництво може й повинне використовувати формалізовані підходи у фінансовій політиці. У західній літературі відзначається, що близько 50 % великих підприємств і близько 18 % [58] дрібних і середніх фірм воліє орієнтуватися на формалізовані кількісні методи в управлінні витратами й аналізі фінансового стану підприємства.

Отже на основі узагальнення світового та вітчизняного досвіду можна представити класифікацію методів прогнозування за ступенем формалізації (рисунок 1.7).

Як видно, сучасні методи прогнозування засновані на використанні різних математичних теорій: функціональний аналіз, теорія рядів, теорія екстраполяції й інтерполяції, теорія ймовірностей, математична статистика, теорія випадкових функцій і випадкових процесів, кореляційний аналіз, теорія розпізнавання образів.



Рисунок 1.7 – Класифікація методів прогнозування по ступеню формалізації

Кожен процес ПІВ характеризується специфічним обсягом завдань, особливим підходом до їхнього вирішення, певним складом і рівнем підготовки та кваліфікації персоналу, матеріальними й фінансовими ресурсами і т. ін. Специфіка процесів визначає характер, структуру цілей і завдань прогнозування та вибору методів їхнього вирішення. Тому необхідно розробити рекомендації щодо вибору методів прогнозування на кожному етапі ЖЦ процесів ПІВ.

## 1.4 Управління техніко-економічними показниками інформаційної системи інструментальної підготовки виробництва

### 1.4.1 Основні засади побудови системи техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва

Створення системи техніко-економічних показників ІС ПІВ є одним із інструментів представлення, конкретизації та реалізації її життєвого циклу. Це надає можливість наочного представлення реальної картини та подальших перспектив розвитку системи ІС ПІВ, оцінки ІС ПІВ, виявлення взаємозв'язків і взаємодії різних факторів техніки та економіки, що впливають на ІС ПІВ, виявлення резервів

виробництва інструменту і оснащення, опрацювання заходів для раціоналізації використання ТО та ресурсів для його виготовлення і т. ін.

Саме поняття техніко-економічні показники (далі – ТЕП) підприємства широко застосовується і має на увазі величини, які характеризують матеріально-виробничу базу підприємств, використання знарядь і предметів праці, організацію виробництва, витрати на виробництво продукції. [64]

Розвитком теорії та методів управління ТЕП займалися ряд вчених, таких, як А. Atkinson [65], А. Е. Воронкова [66], С. С. Гоголін [67], В. А. Залесов [68], Е. М. Косматов [69], Д. Нортон та Р. Каплан [70–72] та ін.

Згідно [64] класичні системи поділяють ТЕП підприємства на загальні (єдині для підприємств усіх галузей), і специфічні (що відображають особливості виробництва окремих галузей). До загальних показників відносять ступінь спеціалізації і механізації виробництва, коефіцієнти електро- та енергоозброєності праці та інші.

Аналіз робіт в сфері оцінки й управління ТЕП [73–79] показав, що для аналізу і оцінки підприємства і його техніко-економічного рівня використовують основні ТЕП підприємства, до яких відносяться: зниження собівартості і зростання продуктивності праці, виробіток, обсяг реалізації, вартість активів, рівень автоматизації і механізації підприємства; відносне і абсолютне зменшення або збільшення кількості працівників на підприємстві, чистий прибуток, фондвіддача та фондомісткість, продуктивність праці, показники рентабельності, поліпшення рівня виробництва за рахунок технічних новинок та інновацій і т. ін.

Специфічні ТЕП зазвичай характеризують структурні та якісні зміни продукції, що випускається, рівень і стан технічної оснащеності у галузі, використання обладнання та ін. До цієї групи показників відносять матеріаломісткість при виробництві, продуктивність праці, що виражена в натуральному значенні, обсяги виробництва продукції, що випускається з використанням технічного обладнання і сучасних технологічних процесів.

Плотницька С. І. в роботі [80] підрозділяє ТЕП на такі групи:

- об'ємно-планувальні;
- показники кошторисної вартості;
- показники витрат праці;
- нормативної трудомісткості;
- показники витрати матеріалів;
- показники кошторисної заробітної плати.

Окрім цього, звітність сучасних підприємств недостатньо відображає технічний рівень виробництва. Ще в 1996 р. Р. Каплан й Д. Нортон відмітили, що базування систем ТЕП на використанні винятково економічних (фінансових) показників це важливий недолік: «Фінансові показники говорять багато про що, але не про все з того, що було в минулому, і вони також не здатні надавати адекватну інформацію про те, які дії потрібно почати сьогодні й завтра для створення майбутньої вартості компанії» [81]. Такий вибір сучасних підприємств можна пояснити високою розвиненістю систем внутрішнього обліку, а з іншого боку недостатньою розвиненістю управління, яке базується на використанні нефінансових ТЕП.

Хоча на вітчизняних підприємствах застосовуються деякі ТЕП якості процесів інструментозабезпечення, вони носять безсистемний та розрізнений характер [82]. Тому, на наш погляд, необхідна побудова такої системи ТЕП ІПВ, що відображала би технічний рівень виробництва і в той же час знаходилися б у взаємозв'язку з економічними (фінансовими) показниками, які характеризують результати виробничо-господарської діяльності підприємства.

Необхідно також враховувати, що збір інформації для розрахунку значень додаткових нефінансових ТЕП вимагає додаткових ресурсів для обробки інформації. Така інформація повинна надходити керівництву в агрегованому вигляді й використовуватися для прийняття рішень. Однак найчастіше така інформація, надходить із системи внутрішнього обліку у великих обсягах, не наочна та не прив'язана до конкретного рішення. Вирішенням цього питання є застосування можливостей CALS-технологій. Як було зазначено в 1.1, однією з переваг

інформаційних систем, що будуються на принципах CALS-технологій є скорочення часу на проведення оперативного збору інформації.

Отже техніко-економічні показники підприємства, які збудовані в чітку систему в сукупності з правильною методикою їх обчислення дозволять виконати систематичне порівняння технічного і організаційного рівня ППВ на підприємстві, виявити резерви виробництва, а також скоротити загальну тривалість процесу планування.

1.4.2 Сучасний стан проблеми управління витратами під час інструментальної підготовки виробництва

Впровадження міжнародних стандартів серії ДСТУ ISO 9000 і побудова промислового виробництва на базі процесного підходу в умовах функціонування інформаційних технологій спонукає сучасні підприємства України чітко контролювати витрати фінансових ресурсів на підприємстві. Тому, одним із важливих елементів системи ТЕП на підприємстві є аналіз і оцінка витрат на якість його процесів.

Витрати на якість процесів ППВ виступають як внутрішня економічна основа системи якості, що дозволяє визначити наслідки будь-яких управлінських рішень, які приймаються в системі управління якістю.

Заходи щодо забезпечення якості процесів виробництва ґрунтуються на плануванні, обліку, контролі й аналізі витрат на якість. Формування витрат на якість є ключовим і одночасно найбільш складним елементом розвитку підприємства. Саме від його ретельного вивчення й успішного практичного застосування буде залежати рентабельність виробництва й окремих видів продукції, взаємозалежність видів продукції й місць їх у виробництві, виявлення резервів зниження собівартості продукції, визначення цін на продукцію, вирахування національного доходу в масштабах країни, розрахунок економічної ефективності від впровадження нової техніки, технології, організаційно-технічних заходів, а також обґрунтування рішення про виробництво нових видів продукції й зняття з виробництва застарілих.



Також необхідно відмітити, що має місце вживання комбінацій «витрати на якість», «витрати, що відносяться до якості», «витрати, що пов'язані з якістю». До виходу стандартів ДСТУ ISO серії 9000 багато авторів [9, 83] ототожнювали поняття «витрати на якість» і «витрати на встановлення, досягнення й збереження показників якості». Це приводило до того, що витрати на якість представлялися як сукупні витрати на підприємстві, тому що робота з різного роду показниками якості пов'язана з розробкою продукту, підготовкою виробництва, виробництвом і обігом товару. Сучасне визначення якості продукції, прийняте ДСТУ ISO 9000, стерло раніше існуючі грані між діяльністю, пов'язаною з якістю, і безпосередньо не пов'язаною з ним. Зникнення чітких границь стало ще однією причиною ототожнення витрат на якість із усіма витратами на підприємстві. Дана обставина змушує обмежувати область визначення витрат на якість тим або іншим способом, направляючи зміст визначення на функцію менеджменту якості як одну з функцій діяльності підприємства, хоча й надзвичайно широку й складну. Так, фахівці німецького суспільства якості (DGQ) вважають, що комбінації «витрати, що відносяться до якості» або «витрати, пов'язані з якістю» більш відповідають елементам витрат, об'єднаних під цим позначенням. Ще більш точно сутність витрат даного типу можна охарактеризувати поняттям «витрати, пов'язані з функціями менеджменту якості». Без такого уточнення в зміст поняття «витрати на якість» можна ввести витрати на будь-яку діяльність, тому що прямо або побічно всі роботи на підприємстві мають відношення до якості. Крім функціональної класифікації, використовуються й інші визначення витрат на якість, такі, як «витрати на відповідність і невідповідність» і «втрати, пов'язані з незадовільною якістю». Термін «витрати на відповідність і невідповідність» також може бути віднесений до різних об'єктів: продукції й процесу. Так, Ф. Кросбі [84] пропонував урахувати витрати на відповідність і невідповідність продукції з метою економії засобів на процесах, що роблять дефектну продукцію, поліпшення яких коштувало дорожче втрат від дефектів і тому вважалось неефективним. Такий підхід є досить консервативним стосовно управління якістю, але дозволяє виділити пріоритетні

напрямки капіталовкладень. Тому що посилення позицій споживача на ринку в другій половині ХХ століття зробило одним з основних принципів менеджменту якості принцип постійного вдосконалювання, в умовах твердої конкуренції визначення витрат на відповідність і невідповідність продукції втрачає важливість. Однак, цей підхід знайшов благодатний ґрунт для поширення в області менеджменту процесів і в цей час витрати, пов'язані з якістю, визначаються як витрати на відповідність процесу й витрати, викликані невідповідністю процесу. Даний підхід запропонований і в міжнародних стандартах ISO серії 9000 версії 2007 року. Тут мова йде вже не тільки про витрати, але й про витрати, пов'язані з якістю, наприклад, втрати частки ринку або іміджу підприємства. Розширений підхід Ф. Кросбі виходить за рамки визначення витрат, пов'язаних з якістю продукції, і більше орієнтований на якість технології і якість підприємства в цілому. Розширення границь визначення витрат приводить до існування крайньої точки зору, згідно з якою, облік витрат не має змісту, тому що з позицій загального менеджменту якості на якість продукції й задоволення споживача впливає робота кожного працівника підприємства. Згідно із цією точкою зору, усі витрати на підприємстві можна віднести до витрат, пов'язаних з якістю, а до управління цими витратами прирівняти традиційне управління витратами на підприємстві.

Якщо розглянути витрати підприємства, можна відмітити, що ряд вчених пропонують укрупнені класифікації витрат, поділяючи їх тільки за декількома ознаками, інші навпаки, пропонують більш розгорнуту й більш повну класифікацію витрат. При цьому вони не приділяють належної уваги класифікації витрат по сфері виникнення, по зв'язку з обсягом виробництва, місцям виникнення, часу виникнення, центрам відповідальності, рівню контролю й регулювання та ін. В умовах забезпечення конкурентоспроможності підприємств на сучасному ринку ці класифікації витрат мають велике практичне значення в діяльності підприємства.

Необхідно взяти до уваги факт, що класифікація витрат західних підприємств залежить від потреби в інформації для управління, не рідко, навіть усередині одного підприємства існують різні класифікації витрат виходячи з потреби управління.

Класифікацію витрат розробляють із метою вивчення поведінки собівартості, здійснення обліку витрат виробництва, визначення взаємозв'язку між обсягом, собівартістю й прибутком, вирахування точки критичного обсягу виробництва, оперативного планування й контролю над витратами і т. ін.

Спеціальне визначення витрат, пов'язаних з якістю, Г. Г. Азгальдов [85, 86] визнає необхідним «лише в невеликому числі випадків, тому що всі витрати враховуються економікою підприємства». Від такої помилки застерігав Дж. Джуран, помітивши, що «витрати на виготовлення придатної продукції не входять у витрати на якість» [87]. Ґрунтуючись на вищевикладеному Г. Г. Азгальдов у [86] запропонував три основні підходи до визначення терміну «витрати, пов'язані з якістю».

При першому підході, представленому в [88–91], витрати, пов'язані з якістю, мають відношення до дефектів і невідповідностям продукції. Даний підхід застосовують підприємства із системою бухгалтерського обліку, яка використовує традиційні методи визначення витрат, що виділяють окремі стандартні й нові для них види робіт із забезпечення якості в особливу діяльність. Облік за даною ознакою класифікації характерний для перших етапів становлення й розвитку системи менеджменту якості.

При другому підході, представленому в [92], ключовою ознакою для віднесення витрат до даної категорії є їх віднесення до невідповідностей.

Третій підхід, викладений, в [93], погоджує витрати з досягненням і підтримкою задоволеності споживача. Сумарні витрати при цьому розбиваються на категорії: на забезпечення й управління якістю; на контроль і оцінку якості, включаючи оцінку задоволеності споживача; на внутрішні й зовнішні відмови будь-якого виду, що приводять до незадоволеності споживача. Даний підхід можуть використовувати підприємства, що калькулюють витрати по всім життєвому циклу продукції, усім центрам відповідальності й усім функціям, виконуваним на виробництві. Витрати, пов'язані з якістю, А. Фейгенбаум [94] розділяє на дві групи: витрати, понесені виробником, і витрати інших осіб. Система обліку витрат,

пов'язаних з якістю, розширюється й охоплює, крім основних виробничих підрозділів, допоміжні підрозділи, відповідальні за безвідмовність функціонування процесів на підприємстві. Для розглянутих підходів характерне відношення до витрат, пов'язаних з якістю, як до витрат, пов'язаних з незадовільною якістю. У сучасній теорії менеджменту якості ставка робиться не на роботу з незадовільною якістю, тому що рівень дефектності або невідповідностей продукції наближається на провідних промислових підприємствах до значень, близьких до нуля, а на виявлення й задоволення вимог споживача для попередження його незадоволеності. При цьому усе більш значну частку в загальних витратах становлять витрати на попередження невідповідностей вимогам споживача і його незадоволеності.

Отже, узагальнивши вітчизняний та зарубіжний досвід в управлінні витратами на якість можна виділити основні системи класифікації витрат на якість (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Ознаки класифікації, що використовуються у світових та національних системах класифікації витрат на якість.

<b>Система класифікації витрат на якість</b>	<b>Найменування ознак класифікації</b>
<b>1</b>	<b>2</b>
за Шухартом-Демінгом [95]	витрати на планування; витрати на облік; витрати на аналіз; витрати на аудит, контроль
за А. Фейгенбаумом [96]	витрати на попередження; витрати на оцінку рівня якості; втрати від браку
за Т. М. Полховською [97, 98]	витрати на рівні керування; на стратегічному рівні; на тактичному рівні; на оперативному рівні.
за стандартом BS 6143:1992 та Ф. Кросбі [99, 100]	витрати на відповідність; витрати як наслідок невідповідності.
за Дж. Джураном [101]	витрати на забезпечення якості (корисні витрати, збитки); витрати на вдосконалення якості
за В. Д. Мацутою [102]	витрати на основні процеси; витрати на забезпечуючі процеси; витрати на керуючі процеси.
за Б. І. Герасімовим, Н. І. Лавренченком [103]	витрати, що відносяться до зовнішніх користувачів; витрати, що відносяться до внутрішніх користувачів

## Кінець таблиці 1.2

1	2
за Wikipedia [104]	витрати прямі та непрямі ; витрати постійні та змінні витрати на якість продукції; витрати на якість діяльності; витрати на якість фірми
за К. М. Рахліним та Л. Е. Скрипко [105]	витрати на покращення якості, на забезпечення якості та на управління якістю; витрати поточні (постійні) та одноразові; витрати виробничі, невиробничі; витрати прямі, непрямі; витрати, що піддаються прямому обліку, не піддаються прямому обліку та витрати, що не доцільно враховувати; витрати на якість при розробці продукції, при виготовленні та при експлуатації; витрати планові та фактичні; витрати по підприємству, по виробництву, по видах продукції; витрати на продукцію, процеси або послуги; витрати при оперативному, бухгалтерському та цільовому обліку
ABC-метод [106]	витрати на проектування, на закупівлю, на виробництво та ін.

### 1.5 Висновок

За результатом проведеного аналізу робіт, які присвячені застосуванню інформаційних технологій в ІПВ можна зробити наступні висновки:

1. Основне значення створення інформаційних систем управління на машинобудівних підприємствах – підвищення конкурентоспроможності як продукції, так і підприємства в цілому за рахунок ефективного управління інформаційними ресурсами. Це досягається завдяки автоматизації основних і допоміжних процесів та інформаційної інтеграції. Тому для одержання оперативного контролю над виробничою системою, підвищення ступеню реакції системи ІПВ на зміни і, таким чином, підвищення ефективності виробничого процесу необхідно запропонувати концептуальний підхід до створення моделі інформаційної системи управління якістю ІПВ.

2. Сучасні методи прогнозування засновані на використанні різних математичних теорій. Кожен процес ІПВ характеризується особливою специфікою,

яка визначає характер, структуру цілей і завдань прогнозування та вибору методів їхнього вирішення. Тому необхідно розробити рекомендації щодо вибору методів прогнозування на кожному етапі ЖЦ процесів ППВ.

3. Системи управління підприємством розглядають витрати на управління інструментальною підготовкою виробництва в ракурсі управління матеріальними ресурсами, статті витрат беруться із системи бухгалтерського обліку. Тому в роботі необхідно запропонувати підходи до формування класифікації витрат на якість промислового підприємства, та на їх підставі сформулювати класифікацію витрат на якість ППВ.

4. Таким чином, на сьогодні існує науково-прикладна задача, яка полягає в необхідності вдосконалення методологічних принципів створення моделі управління витратами на якість процесів ППВ для вирішення питання прийняття раціональних рішень з оперативного управління якістю ППВ, розробленні принципів формування інструментарію для управління якістю процесів ППВ в умовах функціонування інформаційних технологій, з метою підвищення ефективності та конкурентоспроможності машинобудівних підприємств в цілому.

## РОЗДІЛ 2

# РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ ПРОГНОЗУВАННЯ НА БАЗІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

### 2.1 Концептуальна модель інформаційної системи управління інструментальною підготовкою виробництва

Сертифікація системи управління якістю машинобудівного підприємства на відповідність вимогам ДСТУ ISO 9001 передбачає впровадження процесного підходу. У [4, 6] запропоновано процесно-орієнтовану модель системи управління якістю ІПВ, що поділяє процеси ІПВ на два рівні (тактичний і оперативний) та дозволяє підвищити ефективність функціонування ІПВ. Однак, в умовах впровадження програмних засобів з автоматизації різних робіт як управлінського, так і виробничого характеру, необхідно вдосконалювати діяльність підприємства шляхом розробки та впровадження інформаційних систем управління виробництвом, що відповідають вимогам і принципам CALS-технологій. Можливості цих систем охоплюють автоматизоване проектування й виготовлення інструмента та оснащення, облік й управління процесами, планування закупівель комплектуючих та ін.

Особливістю функціонування інформаційної системи управління є наявність єдиного інформаційного простору (бази даних), за допомогою якого здійснюється «без паперове» управління. Це дозволяє значно скоротити строки виконання процесів, виконувати моніторинг й планування, ефективно управляти змінами та ін.

За рекомендаціями, що викладені в роботі Івченко О. В. [6], для більш ефективного управління якістю розроблюваної ІС ІПВ пропонується виділити два рівні управління процесами інструментозабезпечення:

- тактичний рівень управління якістю ІПВ;
- оперативний рівень управління якістю ІПВ.

У процесі тактичної ІС ІПВ прокат технологічного оснащення організується шляхом послідовного проведення контролю технічних завдань, проектування технологічного оснащення й виявлення можливості застосування наявного ТО або ТО, що складається зі стандартних деталей, елементів, агрегатів, що перебувають на зберіганні на базі прокату; проектування універсальних і спеціальних елементів, або деталей, що розширюють можливості застосування наявного оснащення; проектування монтажних схем компонувань технологічного оснащення зі стандартних вузлів і деталей; складання компонування технологічного оснащення за монтажною схемою й підготовки її до експлуатації в умовах прокату; зберігання технологічного оснащення бази, що належить, прокату обліку її застосовності.

Процес оперативної ІС ІПВ полягає у виконанні сукупності оперативних виробничих завдань, які являють собою комплекс заходів щодо оснащення робочих місць заздалегідь підготовленими комплектами якісного технологічного оснащення, інструментів і технічної документації відповідно до оперативного завдання й технологічним процесом.

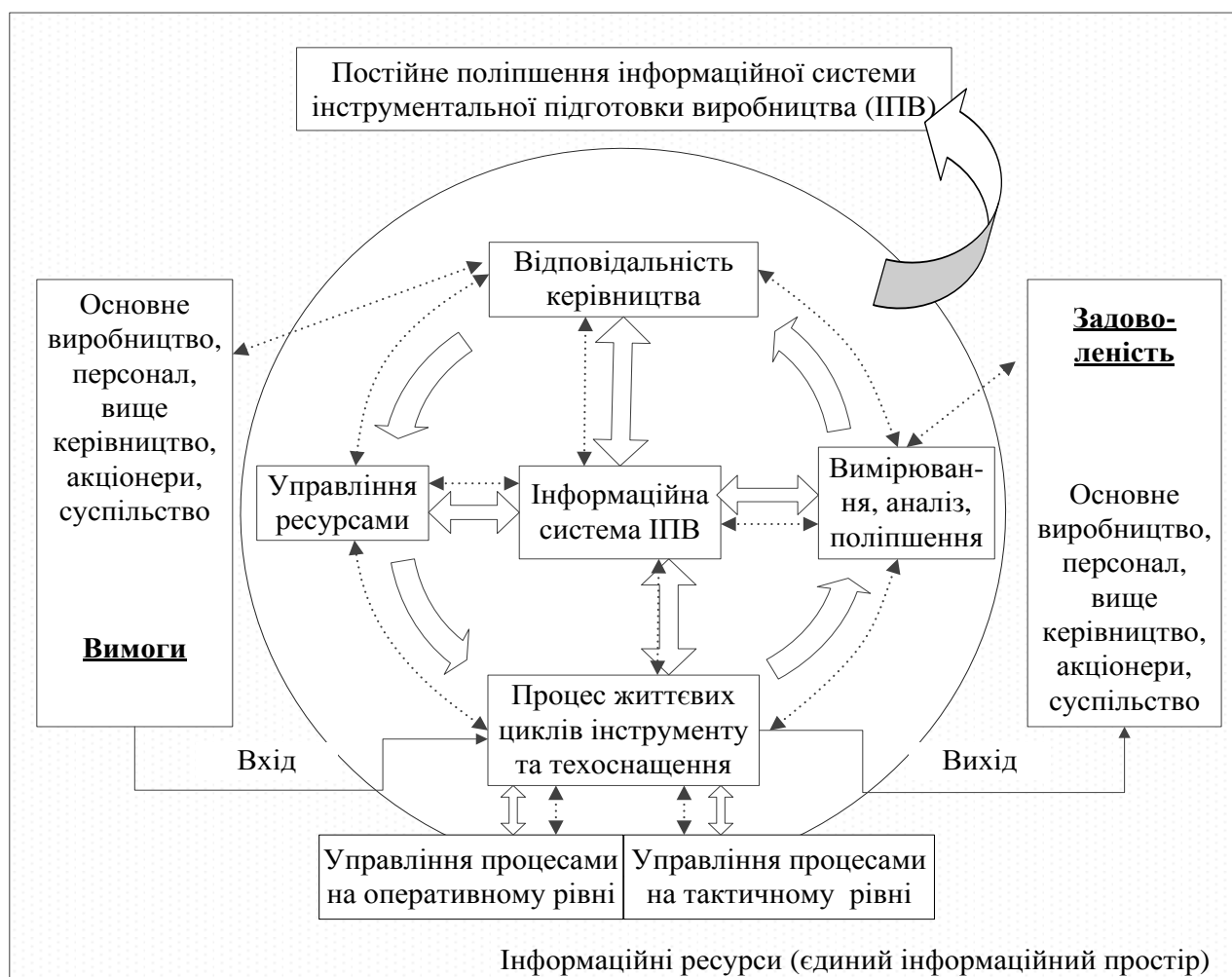
Взаємодія даних процесів здійснюється через загальні процеси управління системою ІС ІПВ, шляхом передачі з бази прокату в процес оперативної ІС ІПВ технологічного оснащення, розробленої й підготовленої в процесі тактичної ІС ІПВ.

Отже, загальна модель інформаційної системи управління ІПВ 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 (рис. 2.1).

Концептуально модель процесно-орієнтованої системи управління ІПВ в умовах інформаційних технологій можна зобразити у вигляді трьох взаємозалежних моделей: організаційної моделі ІПВ, інформаційної моделі системи ІПВ і системи управління якістю ІПВ (рис. 2.2).

Аналіз рис. 2.2 показує наявність великої кількості різноманітних інструментів, які можуть бути застосовані при реалізації запропонованої концептуальної моделі системи управління ІПВ. Реалізація цієї моделі обумовлена





←.....→ – Інформаційні потоки

↔ – Діяльність, що створює додану вартість

Рисунок 2.1 – Модель системи управління ІПВ відповідно до вимог ДСТУ ISO 9001:2009

наявністю проблем, пов'язаних, з одного боку, із розробкою та впровадженням систем управління якістю ІПВ, з іншого – впровадженням програмних продуктів та інформаційних засобів.

Для реалізації процесного підходу запропоновано модель його реалізації в умовах ІС ІПВ (рис. 2.3). Ця модель несе універсальний характер та дозволяє реалізовувати процесний підхід на підприємствах, що мають різну форму організаційних структур.

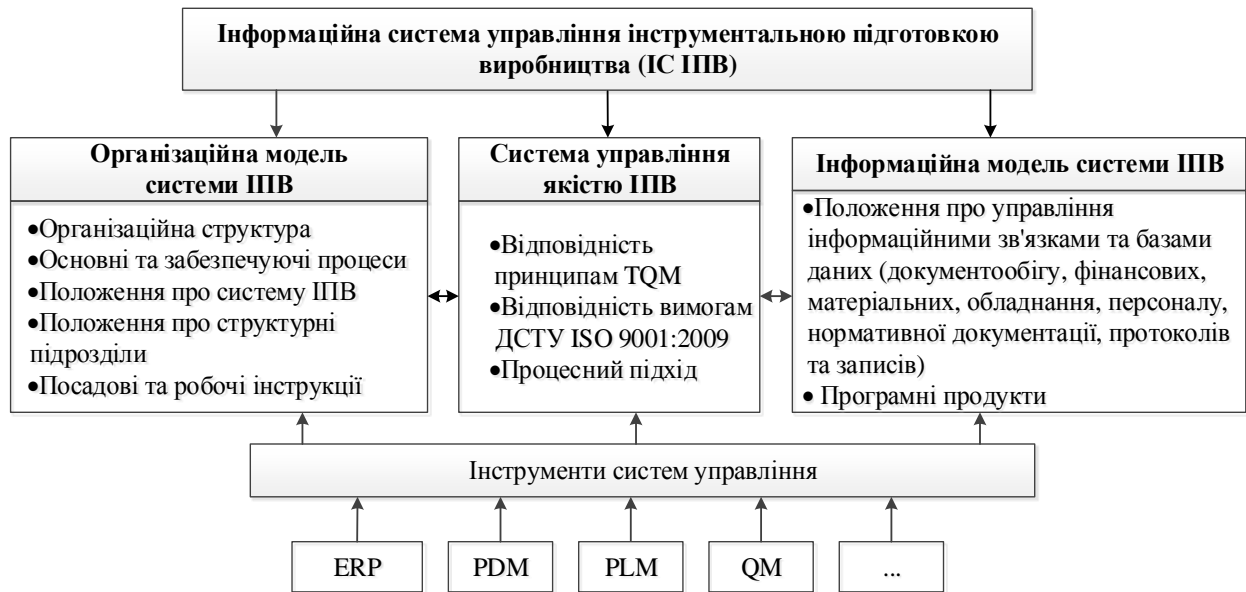


Рисунок 2.2 – Концептуальна модель системи управління ІПВ  
в умовах застосування інформаційних технологій

На основі аналізу стандартів підприємства і системного підходу запропонована структура інтегрованої системи інструментозабезпечення на машинобудівному підприємстві (рис. 2.3). Були виділені наступні основні елементи: база знань, що включає базу прецедентів і систему кодифікації інструменту відповідно до CALS-технологією; модулі системи управління «життєвим циклом» інструменту.

Інформаційна система повинна забезпечувати формування керуючих рішень на всіх етапах «життєвого циклу» інструменту й оцінку формованих рішень. Таким чином, виникає необхідність в функціональному розподілі роботи системи на локальні, відносно невеликі, завдання, які вирішуються окремими модулями за етапами «життєвого циклу». Підхід, практикуючий побудову модульної організації за умови уніфікації процедур обміну даними дозволяє легко масштабувати і одночасно розширювати систему. Запропоновані наступні основні модулі, що реалізують методики управління: модуль формування програми випуску; модуль формування зведеної специфікації інструменту; модуль вибору оптимальних постачальників; модуль планування виробництва, а також модулі моніторингу.

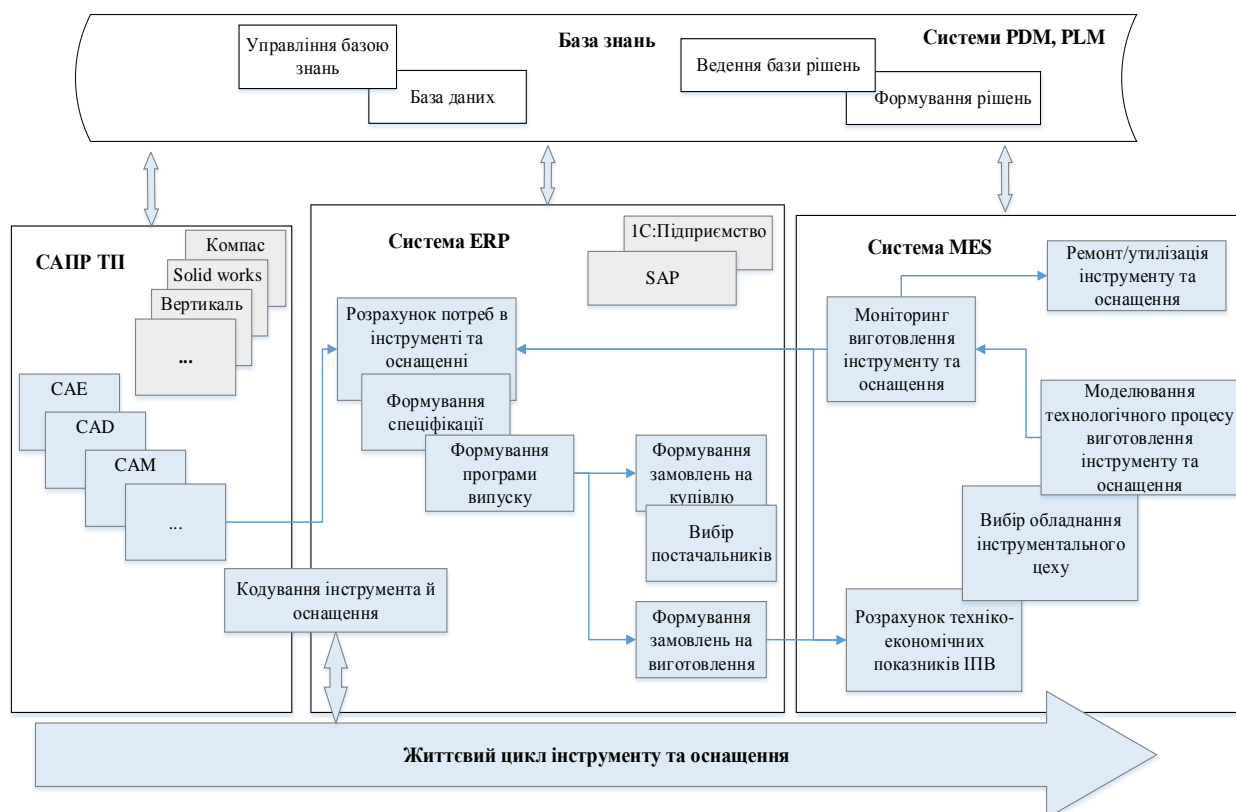


Рисунок 2.3 – Модель інформаційної системи управління якістю ПІВ (процесний підхід)

Ядром ІС ПІВ для забезпечення процесу формування інформаційного супроводу інструменту на всіх етапах життєвого циклу має бути єдина база знань.

Програмний компонент ІС ПІВ повинен являти собою синтез моделей прийняття рішень на кожному з етапів життєвого циклу інструменту. На підставі проведеного аналізу методів математичного моделювання було встановлено, що для моделювання стохастичних процесів в рамках розроблюваної автоматизованої системи найбільш переважно використання методу мереж. Для моделювання статичних процесів достатньо використання методів лінійного або динамічного програмування [107].

Відповідно до CALS-технології ІС ПІВ повинна зберігати всю інформацію про прийняті рішення, що вимагає ведення кодифікації рішень, прийнятих на кожному етапі життєвого циклу інструменту. Кодифікація інструменту є необхідним елементом функціонування системи інструментозабезпечення.

При побудові інформаційної системи ІПВ необхідно враховувати певні стандарти підприємства з інструментозабезпечення. Використовувані на машинобудівних підприємствах стандарти є застарілими, у зв'язку з чим спостерігається повна розбіжність серед споживачів інструменту в розрахунках потреби в інструменті; незадовільне планування і контроль виконання замовлень; відсутність системи оптимізації витрат і запасів інструменту.

## **2.2 Розроблення класифікації техніко-економічних показників та витрат на якість процесів інформаційної системи інструментальної підготовки виробництва**

### 2.2.1 Класифікація техніко-економічних показників

В процесі діяльності забезпечення інструментом і оснащенням на підприємстві повинні забезпечуватися такі види діяльності, як управління виробництвом, якістю, персоналом, охороною навколишнього середовища та охороною праці персоналу (рис. 2.4).

Н. В. Янковський в [108] наголосив, що на сучасному етапі розвитку управління підприємством вчені і практики дійшли до висновку, що управляти діяльністю необхідно системно. 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 ІС ІПВ (далі – ТЕП). ТЕП повинні бути:

- значущі – повинні бути пов'язані з цілями ІС ІПВ;
- пов'язані – повинні бути співвіднесені до інших показників в системі;
- прості – повинні бути зрозумілими персоналу та легко вираховуватися;
- вимірні – їх можливо порівняти з аналогічними показниками інших підрозділів підприємства.

Впровадження системи ТЕП на ІС ІПВ призводить до можливості всебічно характеризувати як результат, так і динаміку її процесів.



Тому доцільно розподілити ТЕП ІС ІПВ за видами діяльності:

- організаційно-економічні;
- виробничі;
- управління якістю;
- екологічні;
- соціальні.

Організаційно-економічні ТЕП характеризують та організаційно-економічний рівень ІС ІПВ, так і її складові елементи: фінансовий стан, обігові кошти, основні засоби, персонал, а також результат діяльності.

Узагальнюючи досвід [6, 109] до організаційно-економічних показників ІС ІПВ можна віднести:

- капіталовіддача / капіталомісткість;
- матеріаловіддача/матеріаломісткість;
- енергомісткість ТО;
- обсяг виготовленої ТО;
- собівартість ТО;
- середньомісячна заробітна плата;
- продуктивність праці;
- показник використання робочого часу виробничих робітників;
- показник, що характеризує питому вагу виробничих робітників системи ІПП у загальній чисельності працюючих;
- показник, що враховує питому вагу інструментальної продукції в загальному обсязі виробництва;
- показник рівня організації ремонту та забезпечення запасними частинами;
- показник, що враховує питому вагу інструментальної продукції в загальному обсязі виробництва;
- показник організації робіт по збору та відновлення технологічного оснащення;

- показник централізованої доставки вантажів інструментального виробництва;
- показник стану організації прокату;
- показник рівня витрати технологічного оснащення;
- показник рівня використання системи централізованого заточення інструменту;
- показник технічного рівня інструментальної підготовки оперативних (змінних) завдань.

Виробничі ТЕП характеризують технічну досконалість ІПВ, забезпеченість виробництва ТО необхідними потужностями, прогрес в техніці і технології виробництва ТО, застосування сучасних методів і форм організації виробництва ТО, раціональний розподіл витрат матеріалів, засобів, праці та часу при технологічній підготовці виробництва, виготовленні й експлуатації продукції.

До виробничих ТЕП ІС ІПВ можна віднести [6, 110]:

- питома вага ТО, що відповідає світовим стандартам;
- питомий обсяг бракованого ТО;
- показник прогресивності структури обладнання;
- показник використання обладнання;
- показник використання виробничих площ;
- показник використання площ складу ІРК;
- показник диференціації ІВ;
- показник спеціалізації ІВ;
- показник безперервності ІВ;
- показник повторюваності ІВ;
- показник паралельності ІВ;
- показник пропорційності ІВ;
- показник прямоточності ІВ;
- показник універсализації ІВ;
- показник гнучкості ІВ;

- показник автоматизації інструментального виробництва;
- показник механізації інструментального виробництва;
- рівень дефективності ТО;
- коефіцієнт використання ТО;
- коефіцієнт використання виробничої потужності;
- коефіцієнт інтенсивного навантаження устаткування;
- коефіцієнт дублювання функцій;
- коефіцієнт використання робочого часу.

Підходи до управління якістю процесів регламентуються стандартом ДСТУ ISO 9001:2009 [9], одним з вимог якого є орієнтація на процесний підхід. Тому при виборі показників якості ІС ІПВ важливо враховувати не тільки якість виготовленого ТО, але й рівень якості процесів життєвого циклу ТО.

Під якістю процесу ІПВ розуміють здібність сукупності властивостей процесу ІПВ виконувати пред'явлені до нього вимоги виробництва. Показники якості процесу ІПВ можуть розглядатися як для окремих видів ТО, так і для робочого місця, дільниці, цеху, підприємства [9, 82].

Тому ТЕП якості процесів ІС ІПВ характеризують: якість технології виробництва ТО, якість процесів експлуатації ТО, якість складових на вході та виході процесів ІПВ: виробничих систем, робітників, інформації. До цих показників можна віднести:

- коефіцієнт стандартизації;
- показник якості технічної документації по ІС ІПВ;
- показник уніфікації ІВ;
- показник прогресивності ТП ІВ;
- показник відновлення ТО;
- технологічний коефіцієнт точності ТП,
- рівень стандартизації ТО,
- рівень нормативного забезпечення.



Безпечність діяльності персоналу та охорона його праці також важливий напрямок в удосконаленні діяльності сучасних підприємств. Впровадження стандарту ДСТУ OHSAS 18001 [111] на підприємстві зменшує небезпечні фактори на виробництві, попереджає виникнення нещасних випадків при зменшенні витрат на відшкодування втрати здоров'я або працездатності працівників та зменшенні збитків від простоїв на виробництві.

Отже при аналізуванні вимог ДСТУ OHSAS 18001 можна виділити соціальні ТЕП:

- показник функціонального розподілу праці робітників
- показник функціонального розподілу праці ІТР та службовців системи

ІПВ

- рівень нормативної документації в сфері охорони праці;
- рівень інструктажу персоналу;
- показник зайнятості персоналу;
- показник наявності використання засобів індивідуального захисту;
- рівень потенційної небезпечності;
- показник рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпечністю.

Необхідно звернути увагу на той факт, що здійснення господарської діяльності підприємства суттєво впливає на стан навколишнього середовища. Сучасні підприємства усвідомлюють, що є необхідним знаходження нових шляхів в зменшенні наслідків від їх діяльності. Одним із таких шляхів є впровадження стандарту ДСТУ ISO 14001 [112], на базі якого створюється система управління навколишнім середовищем. Тому екологічні ТЕП повинні характеризувати стан екологічного об'єкту, ефект від реалізації природоохоронних завдань та заходів, раціональне використання природних ресурсів, а також соціальні питання, які залежать від екологічного стану [108, 110, 112, 113].

Тому до екологічних ТЕП можна віднести:

- рівень потенційної небезпечності технологічних процесів ТО для навколишнього середовища;
- рівень планування і контролю заходів;
- рівень змісту та оформлення доказової документації екологічної безпеки процесів;
- питомий показник утворення відходів;
- частка скорочення обсягів викидів від загального обсягу;
- зменшення щільності викидів в атмосферне повітря по відношенню до певної території;
- зменшення кількості днів, у які забруднення атмосферного повітря перевищувало ГДК;
- рівень відповідності НД вимогам стандартів навколишнього середовища;
- рівень виконання вимог до захисту навколишнього середовища (по кожному процесу).

Виходячи із визначення ІПВ, яке наведене в розділі 1, додатково пропонується оперувати окремими показниками:

- витрати на якість процесів ІС ІПВ;
- рівень якості ТО.

Перелік, детальний опис та розрахункові формули зазначених в цьому розділі ТЕП наведені в додатку В. Показник «витрати на якість процесів ІС ІПВ» уособлює поєднання великого масиву витрат, тому цьому питанню присвячений підрозділ 2.2.2.

Окрім видів діяльності зазначені ТЕП рекомендується класифікувати за рівнем управління процесами ІС ІПВ (ТЕП організаційного та тактичного рівнів) та за результуючим оптимальним значенням ТЕП:

- відносні ТЕП, які знаходяться в інтервалі 0–1 (оптимальне значення 1);
- ТЕП, які мають оптимальне абсолютне значення;
- ТЕП, що визначаються згідно логічних суджень експертів.

Отже запропонована система ТЕП, що показана таблицях 2.1 для тактичного рівня і 2.2 для оперативного рівня діяльності ІС ІПВ, сприятиме прийняттю своєчасних та ефективних організаційно-економічних, виробничих, соціальних та екологічних рішень як для поточного, так і для перспективного розвитку ІС ІПВ.

Для наочного представлення рекомендується визначати комплексні техніко-економічні показники:

$K_o$  – комплексний організаційно-економічний ТЕП;

$K_v$  – комплексний виробничий ТЕП;

$K_c$  – комплексний соціальний ТЕП;

$K_y$  – комплексний ТЕП якості процесів ІС ІПВ;

$K_e$  – комплексний екологічний ТЕП.

Комплексний ТЕП розраховується за формулою:

$$K = \sum_{i=1}^n (k_i)^{\frac{1}{n}} \quad (2.1)$$

де  $k_i$  – значення техніко-економічних показників в класифікаційній групі (в балах),

$n$  – кількість ТЕП в класифікаційній групі.

Таблиця 2.1 – Система ТЕП на тактичному рівні

ТЕП за видами діяльності	ТЕП за результуючим оптимальним значенням		
	Відносні, знаходяться в інтервалі 0 – 1 (оптимальне значення 1)	Які мають оптимальне абсолютне значення	Визначаються згідно логічних суджень експертів
1	2	3	4
Організаційно-економічні	капіталовіддача; матеріаловіддача; показник використання робочого часу виробничих робітників.	капіталомісткість; матеріаломісткість; обсяг виготовленої ТО; енергомісткість ТО; собівартість ТО; середньомісячна заробітна плата робітників ІС ІПВ; продуктивність праці.	–

Кінець таблиці 2.1

1	2	3	4
Виробничі	використання обладнання; використання виробничих площ; диференціації ІВ; безперервності ІВ; повторюваності ІВ; паралельності ІВ; прямоточності ІВ; універсалізації ІВ; гнучкості ІВ; автоматизації ІВ; рівень дефективності ТО.	прогресивності структури обладнання; використання площ складу ІРК; спеціалізації ІВ; пропорційності ІВ; механізації інструментального виробництва; коефіцієнт використання виробничої потужності; коефіцієнт дублювання функцій.	–
Якості	витрати на якість процесів ІС ППВ; коефіцієнт стандартизації ППВ; показник уніфікації ІВ; показник прогресивності ТП ІВ; технологічний коефіцієнт точності ТП рівень стандартизації ТО. рівень нормативного забезпечення.	–	показник якості технічної документації по ІС ППВ; рівень якості ТО.
Соціальні	показник зайнятості персоналу; показник рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпечністю. рівень потенційної небезпечності технологічних процесів ТО для навколишнього середовища;	показник функціонального розподілу праці ІТР та службовців системи ППВ	рівень інструктажу персоналу; рівень нормативної документації в сфері охорони праці; показник наявності використання засобів індивідуального захисту; рівень потенційної небезпечності; рівень планування і контролю заходів.
Екологічні	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; питомий показник утворення відходів.	зменшення кількості днів, у які забруднення атмосферного повітря перевищувало ГДК	рівень змісту та оформлення доказової документації екологічної безпеки процесів; рівень виконання вимог до захисту навколишнього середовища (по кожному процесу).

Таблиця 2.2 – Система ТЕП на оперативному рівні

ТЕП за видами діяльності	ТЕП за результуючим оптимальним значенням		
	Відносні, знаходяться в інтервалі 0 – 1 (оптимальне значення 1)	Які мають оптимальне абсолютне значення	Визначаються згідно логічних суджень експертів
1	2	3	4
Організаційно-економічні	Показники: що характеризує питому вагу виробничих робітників системи ППВ у загальній чисельності працюючих; рівня організації ремонту та забезпечення запасними частинами; що враховує питому вагу інструментальної продукції в загальному обсязі виробництва; стану організації прокату; рівня витрати ТО; рівня використання системи централізованого заточення інструменту.	показник, що враховує питому вагу інструментальної продукції в загальному обсязі виробництва; показник організації робіт по збору та відновлення ТО; показник централізованої доставки вантажів ІВ; показник технічного рівня інструментальної підготовки оперативних (змінних) завдань.	–
Виробничі	коефіцієнт використання ТО; коефіцієнт інтенсивного навантаження устаткування; питома вага ТО, що відповідає світовим стандартам.	–	–
Якості	показник відновлення ТО; коефіцієнт стандартизації ППВ; рівень стандартизації ТО.	–	рівень якості ТО.
Соціальні	рівень нормативної документації в сфері охорони праці; рівень інструктажу персоналу; показники: функціонального розподілу праці ІТР та службовців системи ППВ; зайнятості персоналу; рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпечністю.	–	показник наявності використання засобів індивідуального захисту

## Кінець таблиці 2.2

1	2	3	4
Екологічні	питомий показник утворення відходів; частка скорочення обсягів викидів від загального обсягу; зменшення кількості днів, у які забруднення атмосферного повітря перевищувало ГДК; рівень відповідності НД вимогам стандартів навколишнього середовища.	зменшення щільності викидів в атмосферне повітря по відношенню до певної території.	рівень змісту та оформлення доказової документації екологічної безпеки процесів; рівень потенційної небезпечності технологічних процесів ТО для навколишнього середовища; рівень планування і контролю заходів; рівень виконання вимог до захисту навколишнього середовища (по кожному процесу).

## 2.2.2 Класифікація витрат на якість процесів

Як показано в розділі 1, витрати на якість процесів підприємства настільки різноманітні, що їх необхідно розподілити за класифікаційною ознакою для того, щоб максимально полегшити контроль над витратами на якість процесів ІПВ. Відомо, що класифікація це науковий метод, який дозволяє вивчати будь-які явища або об'єкти шляхом систематизації та впорядкування їхніх складових.

Використання системи класифікації витрат на якість дозволяє аналізувати й прогнозувати показники не лише в цілому по ІПВ, але й по окремих її процесах. Чіткий та повний зміст класифікації забезпечує основу аналізу та моделювання інформаційних потоків ІПВ, що є дієвим інструментом з реалізації циклу Джурана-Демінга – «плануй→виконуй→перевірйай→дій» [114]. Крім того, необхідність класифікації витрат обумовлена неоднорідністю різних видів витрат за складом, змістом, роллю у виробничому процесі, зв'язку з обсягом виробництва та ін. Тільки за допомогою класифікації витрати на якість процесів ІПВ можна ефективно використовувати в управлінні ІС ІПВ.

Витрати на якість продукції (послуг) виступають як внутрішня економічна основа системи якості, що дозволяє визначити наслідки будь-яких управлінських рішень, які приймаються в системі якості. Забезпечується це шляхом проведення

діяльності з організації обліку, аналізу й прогнозування витрат на якість у відповідності з прийнятою системою їх класифікації.

Для правильної організації процесу управління витратами на якість класифікація витрат на підприємствах повинна бути теоретично обґрунтована, методично виправдана й придатна до практичного використання.

При розробленні класифікації витрат на процеси ІС ІПВ необхідно враховувати такі вимоги:

- забезпечення повноти відображення обсягу витрат; не перетинання виділених груп витрат;
- можливість включення нових груп витрат;
- лаконічність, чіткість та ясність класифікаційних ознак;
- незмінність прийнятої класифікаційної ознаки на всіх рівнях класифікації [115].

З метою забезпечення перелічених вимог розроблювана система класифікації витрат на якість процесів ІС ІПВ повинна базуватися на наступних принципах.

Істотності і стабільності. Принцип полягає в існуванні міри аналітичності, яка передбачає, що витрати на ведення обліку не перевищують цінності отриманої у результаті цього інформації.

Стандартизації. Принцип заснований на тому, що при розробці класифікації до вибору (призначенню) статей витрат використано стандартизований підхід.

Пристосовності. Полягає в тому, що будь-яка номенклатура статей не може бути абсолютною і повинна змінюватися адекватно змінам на виробництві.

Причинно-наслідкового зв'язку. Принцип характеризує стосунки між витратами на якість процесів ІС ІПВ і їх носіями.

Повнота класифікації витрат залежить від правильного визначення її ознаки групування. Для визначення вихідного масиву класифікаційних ознак був проведений аналіз вітчизняних та світових систем класифікації витрат, запропонованих видатними вченими, а також світовими та національними нормативними документами. В підрозділі 1.4 було встановлено, що на сьогодні

існує ряд класифікацій витрат на якість: за цільовим призначенням, за виглядом, за можливістю обліку, за стадіями життєвого циклу продукції і таке інше. Результати проведеного аналізу зведені в табл. 2.1.

Необхідно відмітити, що ряд систем ІПВ сучасних вітчизняних машинобудівних підприємств, у т. ч. і запропонована авторами типова ІС ІПВ [116], має специфіку, яка полягає в тому, що вона охоплює різні сфери діяльності підприємства та є «виробництвом у виробництві».

Тому на багатьох підприємствах витрати на якість процесів ІС ІПВ складаються не тільки з витрат, що стосуються закупівлі та експлуатації інструменту та оснащення, а й з витрат на виробничі процеси їх виготовлення, включаючи витрати на процеси, які відбуваються на рівні управління якістю ІС ІПВ.

Для проектування класифікації запропоновано використовувати один з методів експертних оцінок – метод ранжування. Сутність методу ранжування (або методу надання переваги) полягає у тому, що кожний експерт позначає ознаки у порядку надання переваги над усіма останніми, у відповідності з чим кожному показнику встановлюється свій ранг. Досвід показав, що цей метод є дуже ефективним при перекладі метричної форми показників в неметричну. Але необхідно враховувати, що метод ранжування не дає можливості проводити аналіз великих масивів даних. Разом з тим, однією з суттєвих переваг цього методу є те, що він простий в користуванні. Взагалі можна відмітити, що рейтингові системи є сучасним інструментом вивчення й аналізу різних систем, ситуацій, зокрема оцінки стану та розвитку, розширення методів використання результатів та прийняття управлінських рішень.

Запропонований метод набуває ролі з'єднувальної ланки між умовами реального процесу ІС ІПВ та оптимальною системою класифікації витрат.

Аналіз табл. 1.2 дає можливість виділити групи класифікаційних ознак, які можуть бути основою для класифікації витрат на якість процесів ІС ІПВ. Виділені групи показані у табл. 2.3.



Процедура розробки класифікації складається з двох основних етапів: на першому етапі проводиться вибір оптимальної множини найменувань ознак  $X$ , на другому – множини числових значень  $x$  кожної ознаки.

Проведення експертизи ставить на меті визначення результуючих оцінок по кожній досліджуваній ознаці й об'єднання ознак за цими оцінками представляє собою процес, що складається з етапів, які показані на рис. 2.5.

Чисельність експертної групи розраховують за формулою [86]:

$$n = \frac{0,04d^2}{\Delta q^2 (1 - \bar{\gamma})}, \quad (2.2)$$

де  $d$  – розмах шкали вимірювань;

$\bar{\gamma}$  – припустиме значення довірчої ймовірності, з якою визначено значення колективної експертної оцінки. Зазвичай приймають рівень значущості  $\alpha = 0,05$  й тоді довірна ймовірність  $\bar{\gamma} = (1 - \alpha) = 0,95$ ,  $\Delta q$  – припустиме значення абсолютної похибки ( $\Delta q$ ) колективної експертної оцінки. Для подальших розрахунків рекомендовано приймати  $\Delta q = (6 \text{ або } 7)$ .

Оскільки експерти здійснюють рангове оцінювання обмеженого переліку ознак класифікації, то позначають найменш значущу рангом  $R = 1$ , а найважливішу ознаку – рангом  $R = n$ . Сума рангів ознак класифікації постійна і дорівнює

$$\sum_{i=1}^n R_i = \frac{1}{2} n(n+1). \quad (2.3)$$

Таблиця 2.3 – Групи класифікаційних ознак витрат на якість процесів підприємства

Група ознак 1	Найменування ознак класифікації 2
По відношенню до обліку і аудиту витрат	витрати на планування; витрати на облік; витрати на аналіз; витрати на аудит, контроль.

Кінець таблиці 2.3

1	2
По відношенню до дефектів	витрати на попередження; витрати на оцінку рівня якості; втрати від браку
За ієрархією рівнів керування	витрати на рівні керування; на стратегічному рівні; на тактичному рівні; на оперативному рівні.
По відношенню до відповідності	витрати на відповідність; витрати як наслідок невідповідності.
За рівнями процесів	витрати на основні процеси; витрати на забезпечуючі процеси; витрати на керуючі процеси.
По відношенню до користувачів	витрати, що відносяться до зовнішніх користувачів; витрати, що відносяться до внутрішніх користувачів
За характером відношення до калькуляційного об'єкту	прямі та непрямі ; постійні та змінні
В залежності від рівня ієрархії	витрати на якість продукції; на якість діяльності; на якість фірми
За цільовим призначенням	на забезпечення якості та на управління якістю
За економічним характером	поточні (постійні) та одноразові
За видом витрат	виробничі, невиробничі витрати
За об'єктами формування	витрати на продукцію, процеси або послуги
За видами обліку	витрати при оперативному, бухгалтерському, цільовому обліку
За характером структурування	витрати по підприємству, по виробництву, по видах продукції
За способом обліку	планові та фактичні витрати
За стадіями життєвого циклу продукції	витрати на якість при розробці, виготовленні та експлуатації продукції
За можливістю обліку	витрати, що піддаються прямому обліку, не піддаються прямому обліку та витрати, що не доцільно враховувати
За методом визначення	прямі, непрямі витрати
За функціями	витрати на проектування, на закупівлю, на виробництво та ін.

Бланк опитування експерта включає перелік груп ознак, які наведені в таблиці 2.3, та рангові оцінки.

Обробка даних експертного опитування полягає у визначенні узгодженості думок експертів і підрахунку зведених характеристик опитування щодо кожного показника. Порядок обробки даних такий.

Розрахунок коефіцієнта узгодженості думок експертів.

Визначення статистичної значущості узгодженості думок експертів.

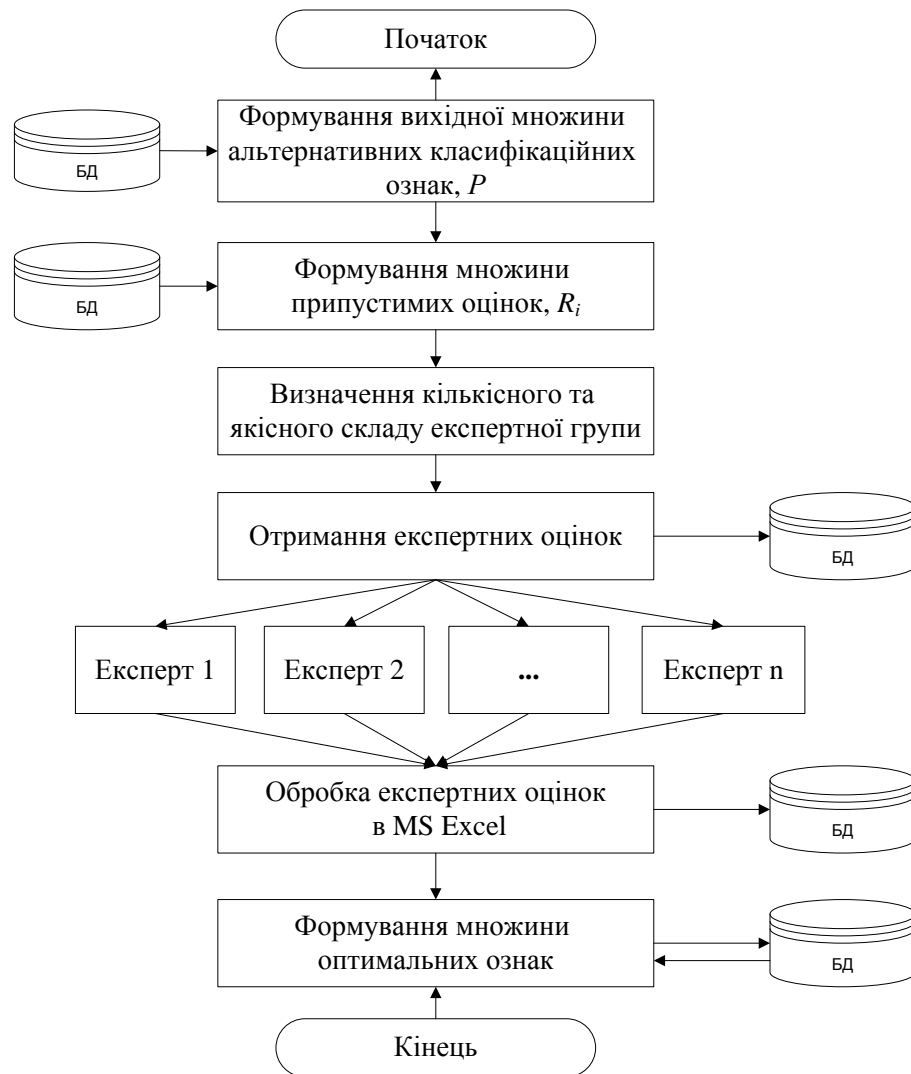


Рисунок 2.5 – Алгоритм проведення методу ранжування при визначенні класифікаційних ознак витрат на якість процесів ІС ІПВ

Для оцінки коефіцієнта узгодженості думок експертів використовують коефіцієнт конкордації Кендела:

$$W = \frac{12 \sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}, \quad (2.4)$$

де  $m$  – кількість експертів;  $S_i$  – сума рангових оцінок експертів згідно з кожною ознакою класифікації;  $\bar{S}$  – середня сума рангів усіх ознак;  $T_j$  – показник однаковості.

Коефіцієнт конкордації Кендела набуває значень в інтервалі  $0 \leq W \leq 1$ .

Сума рангових оцінок експертів згідно з кожною ознакою класифікації

$$S_i = \sum_{j=1}^m R_{ij}. \quad (2.5)$$

Середня сума рангів усіх ознак класифікації:

$$\bar{S} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n R_{ij} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i = \frac{1}{2} m(n+1). \quad (2.6)$$

Показник однаковості

$$T_j = \sum_{j=1}^u (t_j^3 - t_j), \quad (2.7)$$

де  $t_j$  – кількість оцінок з однаковим рангом  $j$ -го експерта;  $u$  – кількість груп рангів з однаковими оцінками  $j$ -го експерта.

Узгодженість думок експертів вважають прийнятною, якщо значення коефіцієнта конкордації  $W \geq 0,6$ . Значущість коефіцієнта конкордації  $W$  оцінюють за критерієм  $\chi^2$ :

$$\chi^2 = Wm(n-1). \quad (2.8)$$

Коефіцієнт конкордації  $W$  – статистично значущий, якщо

$$\chi^2 > \chi_{(1-\alpha);f}^2, \quad (2.9)$$

де  $f$  – число ступенів вільності,  $f = (n-1)$ ;  $\alpha$  – рівень значущості.

Коефіцієнт вагомості кожної ознаки класифікації

$$g_i = 2 \frac{mn - S_i}{mn(n-1)}. \quad (2.10)$$

Істотно значущими вважають ознаки класифікації, для яких є правильною нерівність  $g_i > 1/n$ . Саме ці ознаки є визначальними [86].

Підвищення узгодженості думок експертів при  $W < 0,6$  досягають за рахунок проведення повторних турів опитування експертів або шляхом усування експертів, думки яких не узгоджуються з думками інших експертів.

Усувають тих експертів, результати оцінки якості яких різко відрізняються від оцінок інших експертів, або шляхом перегляду результатів таблиці експертного опитування, або з використанням інших методик, наприклад, за умови підрахунку коефіцієнтів рангової кореляції Спірмена між оцінками окремих експертів  $R_{ij}$  і середніми оцінками інших експертів  $\bar{R}_{(i)}$ .

Коефіцієнт рангової кореляції

$$r_j = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_{ij} - \bar{R}_{(i)})^2}{n(n^2 - 1)}. \quad (2.11)$$

При  $r_j \leq 0,5$  можна вважати, що оцінки даного експерта не корелюють із загальними оцінками і такого експерта усувають.

Узгодженість думок експертів з окремих показників оцінюють за коефіцієнтом варіації

$$C_{Ri} = \frac{\sigma_{Ri}}{\bar{R}_i}, \quad i = \overline{1, n}, \quad (2.12)$$

де  $\sigma_{Ri}$  – середнє квадратичне відхилення рангових оцінок  $i$ -го показника;  $\bar{R}_i$  – середня рангова оцінка  $i$ -го показника.

Середнє квадратичне відхилення рангових оцінок експертів для даного показника [86]:

$$\sigma_{Ri} = \sqrt{\frac{1}{m-1} \sum_{i=1}^n (R_{ij} - \bar{R}_i)^2}. \quad (2.13)$$

Чим менше значення коефіцієнта варіації  $C_{Ri}$ , тим вища узгодженість думок експертів щодо окремих показників.

На основі проведених досліджень з опитування восьми експертів за розробленою методикою пропонується класифікація витрат, фрагмент якої представлено на рис. 2.6.

У розробленій класифікації запропоновано усі витрати розділити на дві групи:

- витрати на забезпечення якості процесів ІС ІПВ (операційні, на контроль, на виправлення помилок);
- витрати на забезпечення процесу управління якістю процесів ІС ІПВ.

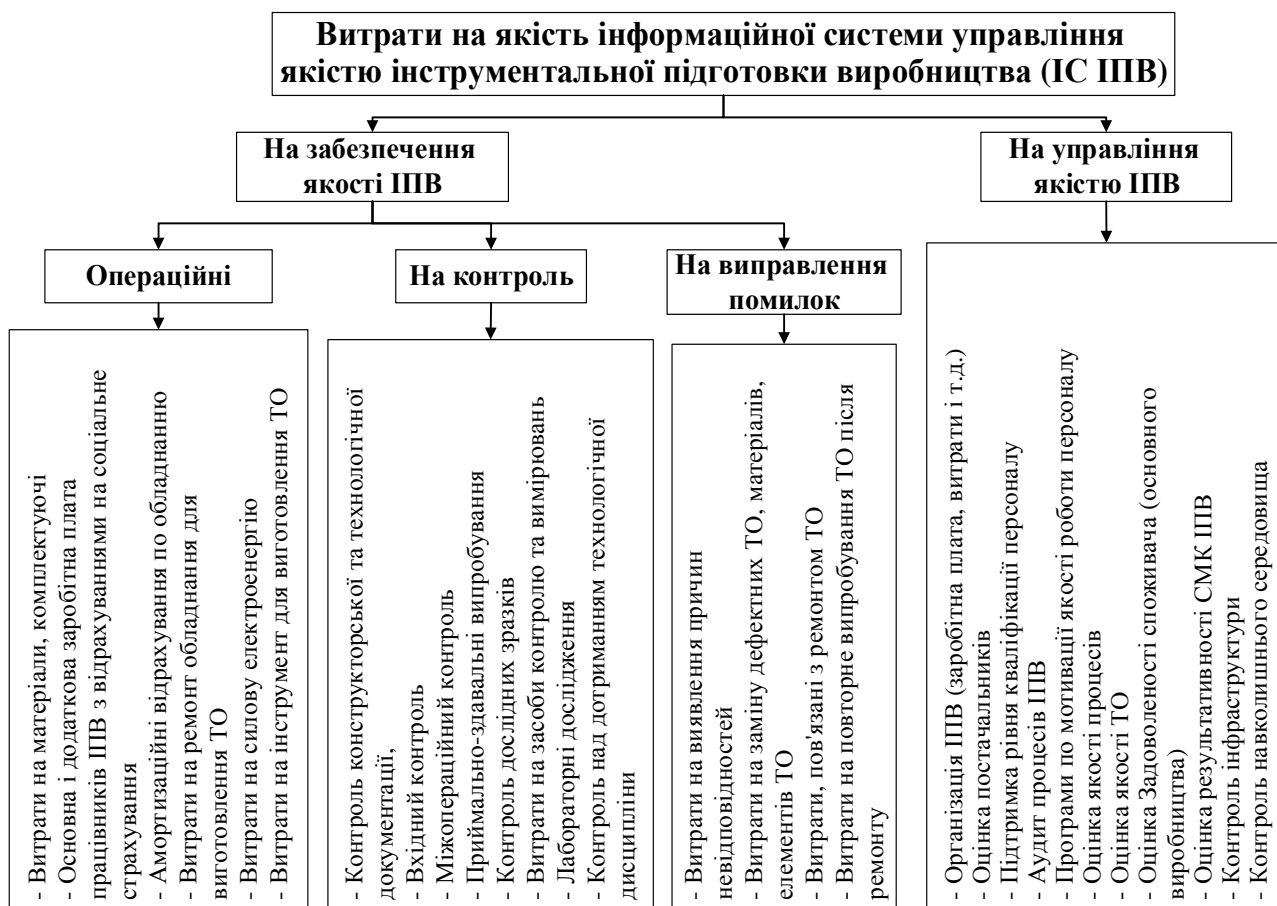


Рисунок 2.6 – Класифікація витрат на якість процесів ІПВ.

## 2.3 Математична модель прийняття рішень в інформаційній системі управління якістю інструментальної підготовки виробництва

### 2.3.1 Загальна концепція моделі прийняття рішень

Інформація, що отримується про ТЕП ІС ІПВ є тою основою, що дозволить прийняти стратегічно важливі для керівництва рішення в сфері якості. В той же час ця інформація повинна мати упорядкований, зрозумілий та зручний вигляд особи, що приймає рішення. Особливо важливим є вибір найбільш прийняттого методу аналізу й оцінювання ТЕП ІС ІПВ. Вибір того або іншого методу залежить від того, наскільки чітко й коректно поставлені цілі та виду інформації, яку необхідно одержати, а також наскільки вона є точною та оперативною.

Одним із шляхів вирішення проблеми щодо аналізу й оцінювання ТЕП ІС ІПВ є створення математичної моделі щодо прийняття рішення стосовно ІПВ машинобудівного підприємства. Ця модель повинна базуватися на основі

процесного й системного підходів та забезпечувати виконання принципу міжнародних стандартів ISO серії 9000 – «прийняття рішень на основі фактів».

Процес прийняття рішень реалізується на основі наступних рекомендацій:

1) визначення цілей та завдань ІС ІПВ; 2) врахування питань, що пов'язані не тільки з отриманням якісного ТО, а й іншими процесами ІС ІПВ; 3) орієнтація на вимоги основного виробництва; 4) визначення всіх необхідних ТЕП, що забезпечать раціональний життєвий цикл ТО; 5) встановлення цільової функції та прийняття рішень на основі визначення раціональної гілки ЖЦ ТО.

З метою виконання цих вимог в роботі запропонована математична модель визначення раціональної стратегії ІПВ (див. рис. 2.7), яка базується на застосуванні методу оптимізації на графі та теорії Марківських ланцюгів. Слід зазначити, що представлена в цій статті модель дозволяє обрати раціональну стратегію ІПВ, але не виключає можливості прийняття іншого остаточного рішення особою, що його приймає.

Алгоритм запропонованої моделі показаний на рисунку 2.7.

У блоці 1, запропонованої моделі, формується банк даних, необхідних для побудови моделі, а також проводиться аналіз станів процесів ІС ІПВ. Сучасні інформаційні системи дозволяють обробляти інформацію достатньо великих обсягів. Разом з тим, у реальних умовах з метою зменшення часу на прийняття раціонального рішення необхідно намагатися (на скільки це є можливим) скорочувати (зменшувати) масиви даних. Бажання відобразити повну схему процесів ІС ІПВ може призвести до отримання дуже деталізованої інформації, що може бути не дуже значимою, але суттєво збільшить час, потрібний на її обробку, систематизацію тощо. Більшість таких систем можуть виявитися неефективними, тому модель управління ІС ІПВ повинна буди агрегованою. Під агрегуванням розуміють заміну опису сукупності процесів описом процесу, який відображає зміст заміненої сукупності процесів та включає істотні характеристики цієї сукупності.



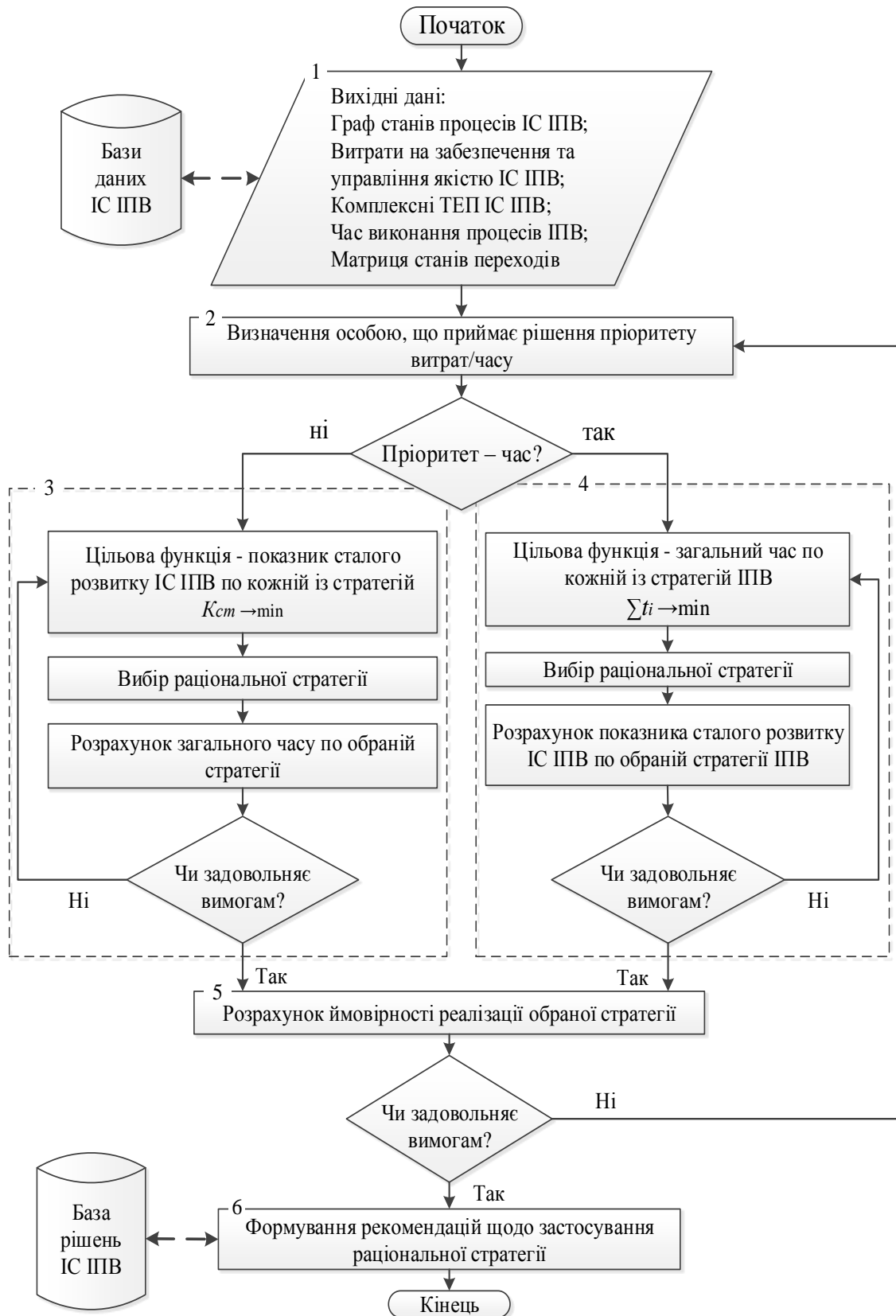
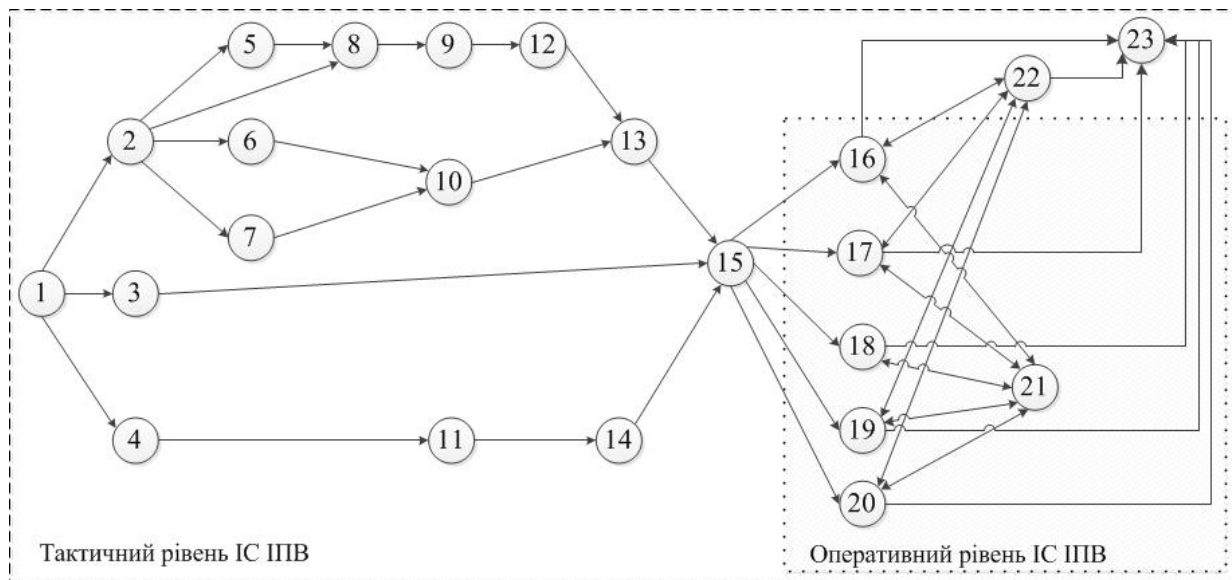


Рисунок 2.7 – Блок-схема реалізації математичної моделі щодо прийняття рішень в ІС ІПВ

Беручи до уваги це зауваження, модель управління ІС ІПВ, що наведена в 2.1, можна представити у вигляді орієнтованого графу  $G(S, t)$ , де  $S$  – впорядковані пари вершин, а  $t$  – це дуги, що їх з'єднують.

Граф станів процесів ІС ІПВ представлений на рисунку 2.8.



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.

Рисунок 2.8 – Граф станів процесів ІС ІПВ

Одна з вагомих переваг сучасних інформаційних систем полягає в створенні 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 найкоротший строк. Вихідними даними для прийняття раціонального рішення щодо процесів ІС ІПВ є плановані значення витрат на забезпечення та управління якістю ІС ІПВ (на основі застосування методів прогнозування) та комплексних техніко-економічних показників ІС ІПВ (виражених в балах), прогнозний час виконання процесів ІС ІПВ, а також матриця переходів станів процесів ІС ІПВ.

Блок 2 (рис. 2.7) – це реалізація процедури визначення особою, що приймає рішення, пріоритету «витрати / час».

За результатами аналізу діяльності вітчизняних та зарубіжних машинобудівних підприємств було встановлено, що прийняття рішень стосовно ІПВ засноване, як правило, на виконанні двох найбільш розповсюджених умов: 1) виконання діяльності з мінімальними витратами (найбільш розповсюджена умова); 2) мінімізація часу виконання встановлених задач для ІПВ.

З огляду на отриманні результати запропоновано процес прийняття рішень щодо вибору раціональної стратегії з ІПВ розділити на дві окремі ланки, що представлені у вигляді блоків 3 та 4 на рис. 2.7.

У блоці 3 реалізується стратегія виконання діяльності з мінімальними витратами при забезпеченні необхідного рівня ТЕП ІС ІПВ, інакше кажучи – реалізується стратегія забезпечення сталого розвитку ІС ІПВ. Зазвичай на підприємствах процес планування випуску продукції чітко від лагоджений, тому заздалегідь відомий графік забезпечення ТО робочих місць. В такому випадку функція часу при здійсненні ІПВ має обмежувальний характер.

В загалі сталий розвиток – це концепція керованого розвитку, яка поєднує в собі три складові: економічну, екологічну і соціальну. Всі три елементи повинні розглядатися збалансовано, тому основним завданням є їх узгодження. Основою керованості сталого розвитку є системний підхід та сучасні інформаційні технології,

які дозволяють дуже швидко моделювати різні варіанти напрямків розвитку, з високою точністю прогнозувати їх результати та вибрати найбільш оптимальний [117–119].

Таким чином, в основі прийняття рішення пропонується цільова функція оптимізації – функція визначення коефіцієнта сталого розвитку ІС ППВ, який визначається за формулою:

$$K_{ст} = Q_{я} \cdot \sum_{j=1}^m \sqrt[m]{\left( \frac{B_6}{\sum_{j=1}^m B_j} \right)^{\gamma_1}} \cdot K_{oj}^{\gamma_2} \cdot K_{ej}^{\gamma_3} \cdot K_{яj}^{\gamma_4} \cdot K_{ej}^{\gamma_5} \cdot K_{cj}^{\gamma_6} \rightarrow \min. \quad (2.14)$$

де  $Q_{я}$  – показник якості процесу ІС ППВ;

$B_j$  – витрати на якість процесів ППВ;

$B_6$  – базовий показник витрат на якість процесів ППВ;

$K_o, K_6, K_{я}, K_e, K_c$  – відповідно організаційно-технічний, виробничий, якості процесів ІС ППВ, екологічний та соціальний комплексні ТЕП, які розраховуються для кожного процесу життєвого циклу ІС ППВ за формулою 2.1;

$\gamma_1, \dots, \gamma_6$  – коефіцієнти вагомості комплексних ТЕП відповідно: організаційно-технічного, виробничого, якості процесів ІС ППВ, екологічного та соціального.

Використання показника якості процесу ІС ППВ дозволяє виключити шлях, якість процесів якого не задовольняє вимогам особи, що приймає рішення. Якщо рівень якості процесу ІС ППВ задовольняє вимогам, то приймається  $Q_{я} = 1$ , якщо не задовольняє, то  $Q_{я} = 0$ .

Витрати на якість процесів ІС ППВ, визначаються окремо для конкретного підприємства згідно запропонованої в 2.2.2 класифікації з урахуванням його техніко-економічного стану та ін. факторів економіки. Також, в залежності від часу, в який витрати на якість визначаються, вони можуть бути прогнозними чи розрахованими.

Необхідно також відмітити, що витрати на процес життєвого циклу ТО приймаються на одиницю ТО, тобто плановані витрати на якість процесів ІС ППВ розраховуються за формулою:

$$B = \frac{\sum_{i=1}^m (B_{z_i} + B_{y_i})}{K_{TO}}, \quad (2.15)$$

де  $B_{z_i}$  – плановані витрати на забезпечення якості процесу ППВ;

$B_{y_i}$  – плановані витрати на управління якістю процесу ППВ;

$m$  – кількість статей калькуляції витрат на якість процесу ППВ;

$K_{TO}$  – кількість ТО, щодо процесу ЖЦ якого приймається рішення.

Необхідно зауважити, що на тактичному рівні ІС ППВ кожен процес несе за собою витрати, які несуть негативну цінність, а на оперативному рівні, навпаки. 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). Тому для оперативного рівня ППВ пропонується відносити витрати на якість процесів ППВ до кількості ремонтів чи переточувань.

Показники вагомості комплексних ТЕП пропонується визначати з застосуванням кваліметричного підходу експертним шляхом для конкретного підприємства.

Обмежуючими умовами при виконанні блоку 3 виступають:

а) згідно із визначення ППВ – можливість постачання ТО для основного виробництва точно в установленій строк:

$$\sum_{j=1}^n t_j \leq T, \quad (2.16)$$

де  $t_j$  – час виконання  $j$ -го процесу;

$T$  – загальний час на забезпечення ТО основного виробництва.

б) згідно вимог кваліметрії (див. [86]):

$$\sum_{k=1}^6 \gamma_k = 1. \quad (2.17)$$

У блоці 4 реалізується стратегія мінімізації часу виконання встановлених в ІС ІПВ задач. Це пояснюється виникненням ситуації, коли час на постачання ТО на робочі місця лімітований з причин запуску незапланованої партії чи неврахування факторів, які можуть вплинути на наявність необхідного ТО в резервному запасі. В цьому разі обирається стратегія, в якій задані жорсткі часові рамки не спричинлять перевитрат чи різкого погіршення ТЕП основного виробництва.

При виконанні цієї стратегії в основі прийняття рішення пропонується цільова функція оптимізації часу виконання процесів ІПВ:

$$\sum_{j=1}^n t_j = T \rightarrow \min. \quad (2.18)$$

Тоді обмежувачими умовами будуть:

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

Блок 5 передбачає обчислення ймовірності реалізації обраної стратегії з допомогою застосування теорії Марківських ланцюгів, що наводиться в [120, 121]. 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.

### 2.3.2 Застосування методів оптимізації на графі для реалізації моделі прийняття рішень

Отже ІС ІПВ включає в себе мережу процесів, які можна зобразити в вигляді орієнтованого графа  $G(S, t)$  (2.6), де  $S$  – впорядковані пари вершин (процеси ІС ІПВ), а  $t$  – це дуги, що їх з'єднують. Задача прийняття раціональних рішень зводиться до застосування методу оптимізації на графі – знаходження найкоротшого шляху.

В роботах Т. Сааті, Е. Майника, Г. Вагнер, Г. Хан, С. Шапіро, Х. А. Таха, О. Оре та ін. [123–133] розглянуті основні алгоритми, які застосовуються при вирішенні задач знаходження найкоротшого шляху (далі ЗНШ). Необхідно зауважити, що ЗНШ мають різні варіанти постановки завдання і від цього залежить застосування кожного алгоритму. Основні алгоритми та опис типів задач, що вони вирішують наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні алгоритми при вирішенні задач знаходження найкоротшого шляху

Назва алгоритму	Тип задач, що вирішує алгоритм
Дейкстри	Знаходить найкоротший шлях від однієї з вершин графа до інших при умові, що ребра графа без від'ємної ваги
Беллмана – Форда	Знаходить найкоротші шляхи від однієї вершини графа до всіх інших у зваженому графі (вага ребер може бути від'ємною)
Алгоритм пошуку А	Використовує алгоритм пошуку найменшої вартості від початкової вершини до кінцевої по першому найкращому збігу на графі
Флойда – Уоршелла	Знаходить найкоротші шляхи між всіма вершинами зваженого графа
Лі (хвильовий)	Базується на методі пошуку в ширину.
Джонсона	Знаходить найкоротші шляхи між всіма парами вершинами зваженого графа

Як видно із табл. 2.4, алгоритм Дейкстри є основним при вирішенні задачі знаходження найкоротшого шляху, він вважається одним з найбільш ефективних алгоритмів при вирішенні завдання знаходження на графі найкоротшого шляху між двома виділеними вершинами  $s$  й  $t$  при позитивних довжинах дуг.

Головна перевага алгоритму Дейкстри – його простота. Суть полягає в процедурі додавання нових вершин до множини виділених (забарвлених). Припускається, що відомі  $m$  вершин (процесів ІС ПІВ), найближчих до вершини  $s$  (близькість будь-якої вершини  $x$  до вершини  $s$  визначається довжиною найкоротшого шляху, що веде з  $s$  в  $x$ ) та відомі самі найкоротші шляхи, що з'єднують вершину  $s$  з виділеними  $m$  вершинами). Вершина  $(m+1)$ , яка найближча до  $s$  може бути визначена шляхом офарблення вершини  $s$  й  $m$  найближчих до неї вершин. Для кожної незабарвленої вершини  $u$  будують шляхи, які безпосередньо з'єднують за допомогою дуг  $(x, u)$  кожну пофарбовану вершину  $x$  з  $u$ . Із цих шляхів обирається найкоротший, і шлях вважається умовно найкоротшим з вершини  $s$  у вершину  $u$ .

Найближчою до  $s$  вершиною є незабарвлена вершина  $(m+1)$ , для якої умовно найкоротший шлях має найменшу довжину. Це обумовлюється тим, що найкоротший шлях з вершини  $s$  в  $(m+1)$  - у найближчу вершину при позитивному значенні довжин усіх дуг повинен містити в якості проміжних лише пофарбовані вершини, тобто вершини, що входять у число  $m$  вершин, найближчих до вершини  $s$ .

Отже, якщо відомі  $m$  найближчих до  $s$  вершин, то  $(m+1)$ -ша найближча до  $s$  вершина може бути знайдена так, як це описано вище. Починаючи з  $m=0$ , описана процедура може повторюватися доти, поки не буде отриманий найкоротший шлях, який веде з вершини  $s$  до вершини  $t$ .

Пошук найкоротшого шляху ведеться в чотири етапи.

Етап 1. Кожній вершині (процесу ІС ПІВ)  $x$  в ході алгоритму привласнюється число  $d(x)$ , що дорівнює довжині найкоротшого шляху з вершини  $s$  у вершину  $x$  та включає тільки пофарбовані вершини. Припускається, що  $d(s)=0$  та  $d(x)=\infty$  для всіх інших вершин графа. Офарблюється вершина  $s$  й припускаємо, що  $u=s$ , де  $u$  – остання пофарбована вершина.



Етап 2. Для кожної незабарвленої вершини  $x$  перераховується величина  $d(x)$  по наступній формулі:

$$d(x) = \min \{d(x); d(y) + a(y, x)\}. \quad (2.19)$$

Етап 3. Якщо для всіх незабарвлених вершин  $d(x) = \infty$ , то алгоритм закінчується тому що відсутні шляхи з вершини  $s$  в незабарвлені вершини. Інакше офарблюється та вершина, для якої величина  $d(x)$  є мінімальною. Офарблюється й дуга, що веде в цю вершину відповідно до виразу (2.19) та припускається, що  $y = x$ .

Етап 4. Якщо  $y = t$ , то найкоротший шлях з  $s$  у  $t$  знайдений. Інакше необхідно перейти до кроку 2.

Щоразу офарблюється вершина й дуга, що заходить у цю вершину. Пофарбовані дуги не можуть утворювати цикл, а утворюють у вихідному графові дерево з коренем (початком) у вершині  $s$ . Це дерево називають орієнтованим деревом найкоротших шляхів. Шлях з  $s$  у  $t$  належить цьому дереву. При пошуку одного найкоротшого шляху процедура нарощування завершується при досягненні кінцевої вершини цього шляху. Задача зводиться до одержання всіх найкоротших шляхів, що починаються у першій вершині. Для цього процедура нарощування орієнтованого дерева триває доти, поки всі вершини не будуть включені. Таким чином, ми одержуємо орієнтоване дерево найкоротших шляхів, яке є покриваючим деревом графа.

Іноді в графі є кілька найкоротших шляхів. Найкоротший шлях буде єдиним, якщо в алгоритмі жодного разу не виникає неоднозначність при фарбуванні дуги.

### 2.3.3 Бальне оцінювання техніко-економічних показників на основі застосування теорії нечітких множин

Визначення коефіцієнту сталого розвитку (формула 2.14) дозволить підвищити рівень обґрунтованості прийнятих рішень. Як вже зазначалося, задля

узгодження техніко-економічних показників, які впливають на коефіцієнт сталого розвитку, їх рекомендовано переводити в безрозмірні величини – бали.

Єдину шкалу нормалізації ТЕП системи ПІВ запропоновано розробляти на основі застосування теорії нечітких множин. Методика застосування математичного апарату теорії нечітких множин передбачає [134, 135, 136 й ін.] 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).

Відомо, що у теперішній час найбільш використовуваними в якості базового лінгвістичного значення оцінок ТЕП ПІВ для їх нормалізації є чисельні 5 або 7 бальні шкали оцінювання [6]. Так, наприклад, шкала Харрінгтона [137] при прийнятті багатьох рішень дозволяє оцінювати будь-який показник за його наступними рівнями: якщо дуже добре, то 1; добре – 2; задовільно – 3; погано – 4; дуже погано – 5. Зрозуміло, що така цілочисельна (від 1 до 5) оцінка ТЕП є нечіткою і дуже розмитою, що робить її в цьому випадку дуже залежною від суб'єктивних факторів, наприклад, судження, сприйняття та емоційного стану того суб'єкту, який приймає рішення. У зв'язку з цим, на наш погляд, більш доцільним є використання при оцінці ТЕП не цілочисельних змінних у вказаному діапазоні, а відповідних ним лінгвістичних, тобто таких, значеннями яких є не запропоновані цілі числа, а слова і словосполучення в природній або формальній мові [133]. Наприклад, можна запропонувати лінгвістичну змінну з назвою «ТЕП». Значення цієї лінгвістичної змінної, на відміну від самої змінної, будемо називати «Рівень ТЕП». Відповідно до цього можна записати рівняння призначення у вигляді:

$$X = \text{назва в } T(X). \quad (2.20)$$

де  $X$  – терм (формальне ім'я об'єкту), який характеризує рівень відповідного ТЕП;  $T(X)$  – терм-множина, у якій терми можуть приймати відповідні їм значення.

Наприклад, якщо терм в  $T(X)$  приймає значення дуже добре, тоді можна написати:

$$\text{Рівень ТЕП} = \text{дуже добре}, \quad (2.21)$$

де «дуже добре» – значення лінгвістичної змінної, що має назву «дуже добре», прийняте цією змінною та представляє собою обмеження на значення базової змінної  $u$  в універсальній множині  $U$  вигляду:  $U = [0,1]$ .

У відповідності з таким підходом лінгвістичну змінну «Рівень ТЕП» можна представити деякою базовою змінною  $u$ , яка являє собою чисельну змінну, що може приймати любе значення, наприклад, у вказаній множині  $U = [0,1]$  у діапазоні від 0 до 1, наприклад, 0; 0,1; 0,2; ... або 1,0. Таким чином, множина  $U$  являє собою якусь відносну базову шкалу оцінок, за допомогою якої можна проводити вимірювання (нормалізацію, оцінювання, визначення) рівня відповідного ТЕП, незалежно від його розмірності, методу визначення тощо.

Для проведення процедури оцінювання рівня ТЕП з використанням запропонованої шкали необхідно спочатку визначити назви лінгвістичних змінних «ТЕП», а потім відповідні значення, які вони можуть приймати, тобто скласти терм-множину  $T(X)$ , для чого треба сформулювати терми, що входять в нього, у відповідності з синтаксичними правилами, прийнятими у теорії нечітких множин [133].

Логічно буде припустити, що створювана терм-множина повинна містити в собі також терми – добре, погано і задовільно. При цьому будемо вважати, що, наприклад, деяка нечітка підмножина  $M(X_1)$ , відповідна до значення лінгвістичної

змінної з назвою погано, не є доповненням до нечіткої підмножини  $M(X_1)$ , відповідної до значення лінгвістичної змінної з назвою добре, тобто:

$$M(\text{добре}) \neq \overline{M(\text{погано})}. \quad (2.22)$$

де знак  $\overline{\phantom{x}}$  позначає операцію доповнення до нечіткої підмножини.

Таким чином, можемо вважати, що терм-множина змінної «ТЕП» містить у собі наступні терми:

$$T(\text{ТЕП}) = \text{дуже добре} + \text{добре} + \text{задовільно} + \text{погано} + \text{дуже погано}.$$

У цьому виразі терми дуже добре і дуже погано є складеними термами, тобто складаються з атомарних термів добре, погано та різних під термів.

Ця терм-множина відповідає критеріям [133], що враховують особливості сприйняття людиною об'єктів реального світу і їх опису:

при використанні даної множини людина буде зазнавати мінімальну невизначеність при описі своєї задоволеності по тим або іншим критеріям;

при використанні даної множини значень у випадку оцінки задоволеності експертним шляхом буде спостерігатися мінімальний ступінь неузгодженості думок експертів.

Розглянемо варіант синтаксичного правила для складання терм «дуже добре» з терм-множини  $T$  (ТЕП):

Складовий терм дуже добре може бути породжений граматикою виду:

$$R = (V_T, V_N, T, P), \quad (2.23)$$

де  $V_T$  – множина термінальних символів (компоненти термів в)  $T$ :

$$V_T = \text{дуже} + \text{добре}$$

де  $V_T$  – множина термінальних символів (компоненти термів в  $T$ ), наприклад,  $V_T = \text{дуже} + \text{добре}$ ;  $V_N$  – множина не термінальних символів (синтаксичних категорій), наприклад,  $V_N = T + A$ , де  $A$  – прийняте значення атомарного терму (терм, який складається з одного слова або з декількох слів, завжди фігурують разом один з одним [133]);  $P$  – система підстановок.

Зауважимо, що в теорії нечітких множин знак  $+$  позначає операцію об'єднання термінальних символів.

Система підстановок  $P$  має вигляд:

$$\begin{aligned} T &\rightarrow A, \\ T &\rightarrow \text{дуже } A, \\ A &\rightarrow \text{добре} \end{aligned}$$

Тоді ланцюжок підстановок для терм  $R$  у буде мати вигляд:

$$T \rightarrow A \rightarrow \text{дуже } A \rightarrow \text{дуже добре}. \quad (2.24)$$

Аналогічним способом визначаються ланцюжки підстановок для інших термів з терм-множини  $T(\text{ТЕП})$ .

Функції належності. Наступним не менш важливим завданням, є побудова функцій належностей для кожної нечіткої підмножини, що характеризує певне значення лінгвістичної змінної. Для нашого випадку вид функції належності для кожної нечіткої підмножини визначається експертним методом, а самі значення  $\mu_i$  розраховуються по формулах, відповідних до конкретного виду функції.

Прийmemo наступні значення нечітких підмножин для ТЕП першої групи: відносні показники, значення яких лежить в інтервалі  $[0-1]$ , а їх максимальні значення прагнуть до 1, тобто  $\max \rightarrow 1$ .

1. Функція належності для нечіткої множини  $M(\text{добре})$  описується формулою виду:

$$\mu_{\text{ну}}(u, \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 1, \text{ якщо } u \leq \gamma; \\ 1 - \frac{2(u - \gamma)^2}{(\alpha - \gamma)^2}, \text{ якщо } \gamma \leq u \leq \beta; \\ \frac{2(u - \alpha)^2}{(\alpha - \gamma)^2}, \text{ якщо } \beta \leq u \leq \alpha \\ 0, \text{ якщо } u \geq \alpha; \end{cases} \quad (2.25)$$

де  $\alpha, \gamma, \beta$  – числові параметри, що приймають довільні дійсні значення.

Значення  $\alpha = 0,5$ ;  $\gamma = 0,2$ , і, відповідно,  $\beta = 0,36$  встановивлені експертним шляхом. Провівши розрахунки за формулами (2.25), для різних значень базової змінної  $u$ , одержимо вигляд функції належності який представлений на рис. 2.9.

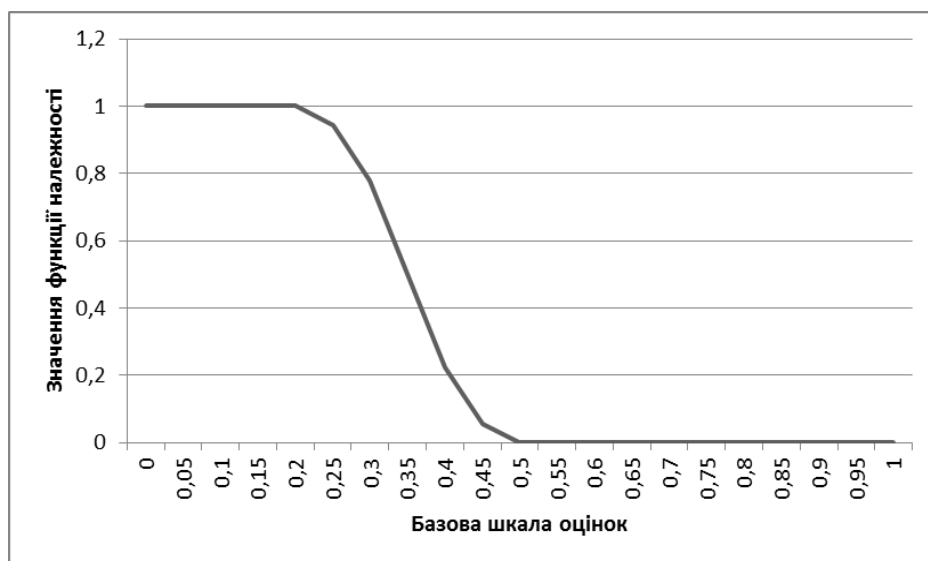


Рисунок 2.9 – Вигляд функції належності для підмножини «добре»

2. Для встановлення вигляду функції належності нечіткій множині  $M(\text{дуже добре})$  було прийняте припущення, що модифікатор «дуже» діє як оператор підвищення «чіткості» нечіткої підмножини  $M(\text{добре})$  у вигляді концентрування, тобто:

$$M(\text{дуже добре}) = \text{CON}(M(\text{добре})) = (M(\text{добре}))^2. \quad (2.26)$$

Таким чином, можемо записати:

$$\mu_{AV} = \mu_Y^2. \quad (2.27)$$

Звідки одержимо функцію належності, показану на рис. 2.10.

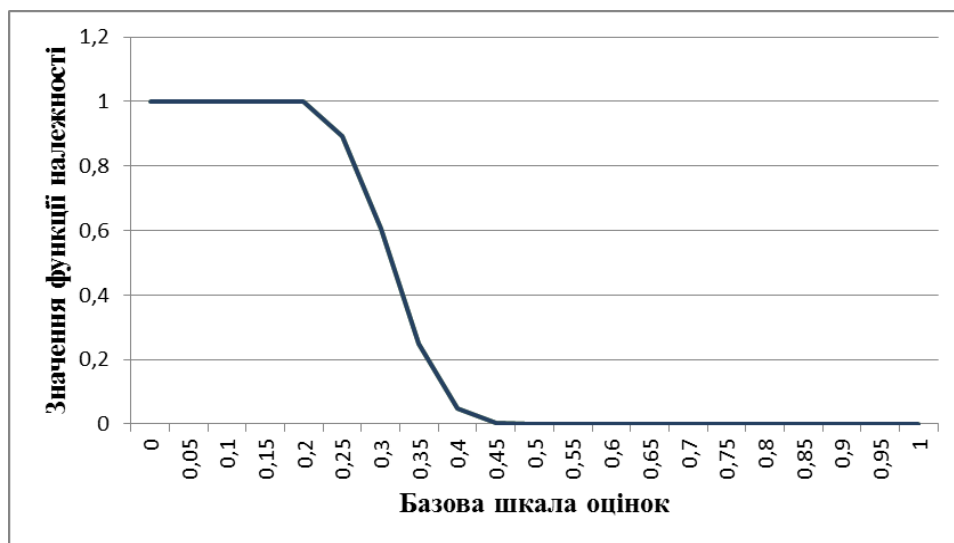


Рисунок 2.10 – Вигляд функції належності для нечіткої підмножини «дуже добре»

3. Функція належності для нечіткої множини  $M(\text{погано})$  описується формулою виду:

$$\mu_y(u, \alpha, \beta, \gamma) = \begin{cases} 0, \text{ якщо } u \leq \alpha; \\ \frac{2(u - \alpha)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } \alpha \leq u \leq \beta; \\ 1 - \frac{2(u - \gamma)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } \beta \leq u \leq \gamma; \\ 1, \text{ якщо } u \geq \gamma; \end{cases} \quad (2.28)$$

де  $\beta = (\alpha + \gamma) / 2$  – точка переходу, тобто таке значення  $u \in U$ , ступінь належності множині  $M(X)$  якого дорівнює 0,5.

Встановивши експертним шляхом значення  $\alpha = 0,5$ ;  $\gamma = 0,8$ , і, відповідно,  $\beta = 0,65$ , і, провівши розрахунки по формулах (2.28), одержимо вигляд функції належності для різних значень базової змінної  $u$ , представлений на рис. 2.11.



Рисунок 2.11 – Вигляд функції належності для нечіткої підмножини «погано»

4. Для встановлення вигляду функції належності нечіткій множині  $M$ (дуже погано) прийемо припущення, аналогічне припущенню для нечіткої множини  $M$ (дуже добре), тобто:

$$\mu_{AV} = \mu_V^2. \quad (2.29)$$

Тоді одержимо функцію належності, показану на рис. 2.12.





Рисунок 2.12 – Вигляд функції належності для нечіткої підмножини «дуже погано»

5. Функція належності для нечіткої множини М (задовільно) описується формулою виду:

$$\mu_{\text{ч}} = \begin{cases} 0, \text{ якщо } u \leq \alpha; \\ \frac{2(u - \alpha)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } \alpha \leq u \leq \beta; \\ 1 - \frac{2(u - \gamma)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } u \leq \gamma; \\ 1, \text{ якщо } u = \gamma; \\ 1 - \frac{2(u - \gamma)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } u \leq \delta; \\ \frac{2(u - \varepsilon)^2}{(\gamma - \alpha)^2}, \text{ якщо } \delta \leq u \leq \varepsilon; \\ 0, \text{ якщо } u \geq \varepsilon; \end{cases} \quad (2.30)$$

Встановивши експертним шляхом значення числових параметрів  $\alpha = 0,15$ ;  $\gamma = 0,5$ ;  $\varepsilon = 0,85$ , і враховуючи, що  $\beta = \frac{\alpha + \gamma}{2}$  та  $\delta = \frac{\varepsilon + \gamma}{2}$ , одержимо

вигляд функції належності для різних значень базової змінної  $u$ , показаний на рис. 2.13.

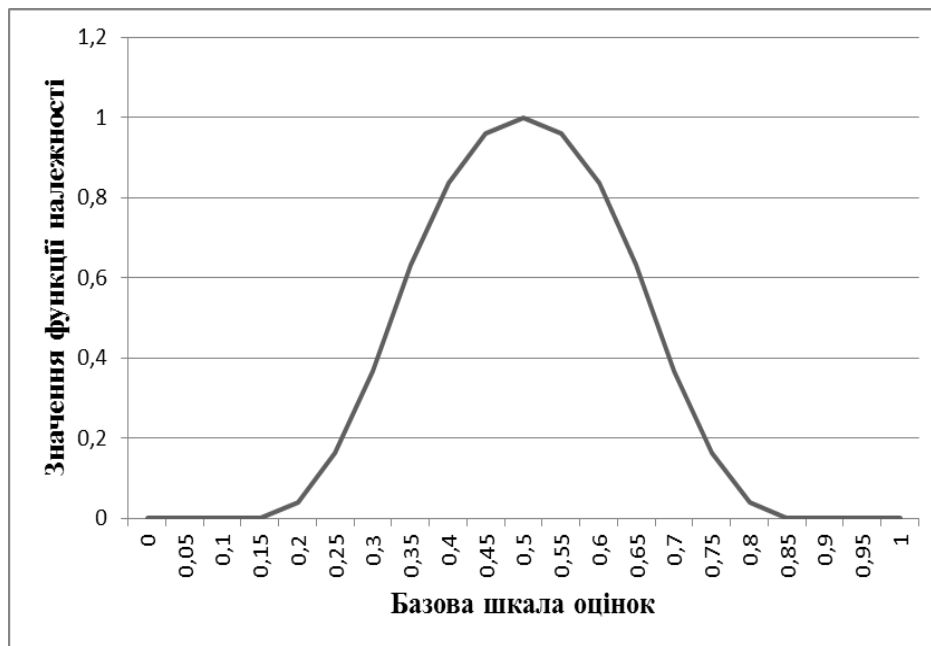


Рисунок 2.13 – Вид функції належності для нечіткої підмножини «Задовільно»

Побудувавши всі функції належності на одній площині, одержимо графічне зображення лінгвістичної змінної «ТЕП», що показано на рис.2.14. Як видно з наведеного графічного зображення, усі нечіткі підмножини, використовувані для оцінки рівня ТЕП, є нормальними:

$$\max\{\mu_A(u)\}=1,$$

тобто для кожної підмножини можна знайти хоча б одне  $u \in U$ , для якого  $\mu_A(u)=1$ .

Крім того, з рис. 2.14 видно, що крім точок, що лежать в інтервалах  $[0;0,2]$  і  $[0,8;1,0]$ , немає жодної точки, для якої виконувалося б умова:

$$\max\{\mu_A(u_i)\}=\max\{\mu_B(u_i)\},$$

тобто. для будь-якої точки  $u$  можна знайти таку функцію належності, що:

$$\max\{\mu_A(u_i)\} \geq \mu_{A_j}(u), 1 \leq j \leq 11, j \neq i.$$

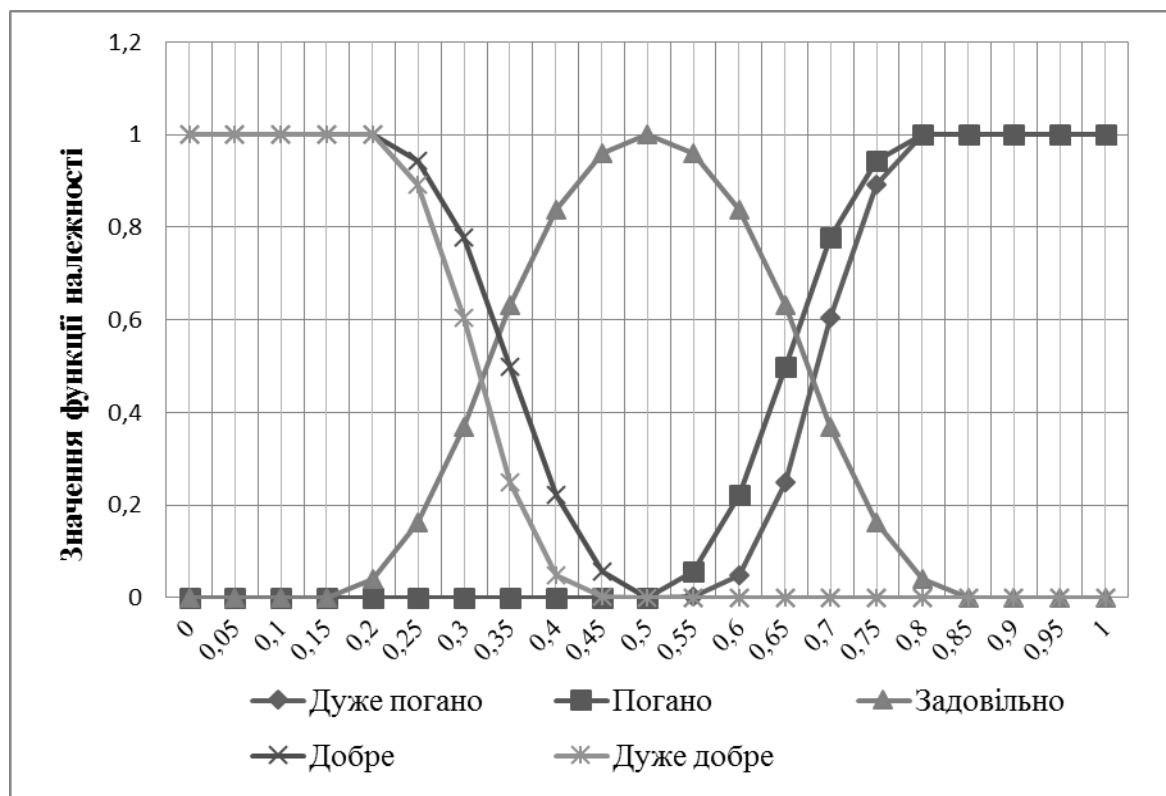


Рисунок 2.14 – Графічне зображення лінгвістичної змінної «ТЕП»

Дефазифікація оцінки показників. Процедура дефазифікації аналогічна знаходженню характеристик положення (математичного очікування, моди, медіани) випадкових величин теорії ймовірності. Етап дефазифікації використовується тоді, коли необхідно перетворити нечіткий набір значень лінгвістичних змінних, що виводяться, до точних значень. Згідно [138] цей етап не є обов'язковим.

Отже для встановленого значення  $u$ , згідно рисунка 2.14, за допомогою системи нерівностей визначаємо лінгвістичне значення змінної «ТЕП» відповідно до табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Шкала оцінювання ТЕП процесів ІС ПІВ

Значення ТЕП	Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
$0 \leq u \leq 0,2$	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

Аналогічним чином проводять побудову шкал оцінок для всіх ТЕП другої групи, які мають оптимальне або регламентоване нормативними документами абсолютне значення. На першому етапі визначається інтервал можливих значень конкретного ТЕП в рамках підприємства, що аналізується. На подальших етапах відбувається фазифікація, встановлення функцій належності та побудова графічних зображень лінгвістичної змінної за описаною методикою.

Наприклад, показник автоматизації інструментального виробництва – це відношення кількості верстатів автоматичної дії до загальної кількості верстатів. Враховуючи різноманітність технологічного оснащення, та вимоги до швидкості переналагодження обладнання для виготовлення та ремонту ТО, оптимальне значення показника автоматизації інструментального виробництва у своїй переважній більшості не повинне перевищувати значення 0,7. Тому, шкалу нормалізації цього показника доцільно звести до вигляду, показаному в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Шкала нормалізації показника автоматизації інструментального виробництва

Значення ТЕП	Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
$0 \leq u \leq 0,25$	Дуже погано	5
$0,25 < u \leq 0,38$	Погано	4
$0,38 < u \leq 0,7$	Дуже добре	1
$0,7 < u \leq 0,85$	Добре	2
$0,85 < u \leq 1$	Задовільно	3

ТЕП третьої групи визначаються згідно логічних суджень експертів. В цьому випадку відбувається бальне оцінювання показника за шкалою, представленою у таблиці 1 (стовпчики 2 та 3).

На рисунку 2.15 наведено алгоритм застосування запропонованого методу нормалізації техніко-економічних показників в ІС ІПВ машинобудівного підприємства.

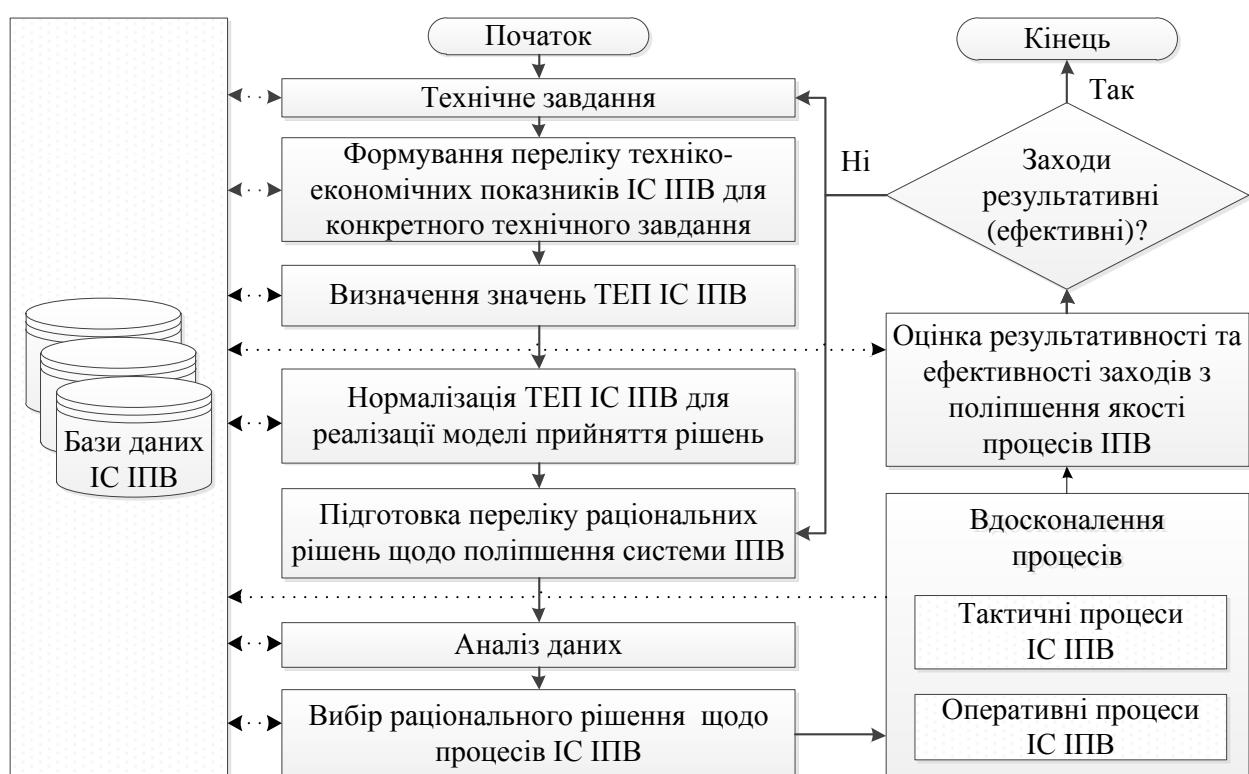


Рисунок 2.15 – Нормалізація техніко-економічних показників в інформаційній системі управління якістю інструментальної підготовки виробництва

В цьому алгоритмі згідно вимог конкретного технічного завдання на придбання або виготовлення технічного оснащення формується перелік ТЕП ІС ІПВ. Як вже зазначалося, перелік ТЕП формується з трьох класифікаційних груп, показники мають різну розмірність та оптимальні значення, тому, після визначення величини кожного ТЕП, на наступному кроці необхідно провести їх нормалізацію. Згідно з запропонованою методикою застосування теорії нечітких множин для

кожної групи показників розробляється шкала нормалізації, за якою значення відповідного показника переводиться в безрозмірну величину – бал.

Наступними кроками, шляхом підстановки нормалізованих ТЕП в математичну модель, яка запропонована в роботі [139], відбувається: формування переліку раціональних рішень щодо поліпшення системи ІС ІПВ, аналіз цих даних та вибір раціонального рішення.

На етапі вдосконалення процесів відбувається втілення запропонованого раціонального рішення в процеси ІС ІПВ. Алгоритм також враховує вимоги ДСТУ ISO 9001:2009 щодо оцінювання результативності та ефективності виконуваних заходів. Цей етап передбачає зворотній зв'язок, який може зажадати корегування технічного завдання, переліку ТЕП ІС ІПВ або вибір альтернативного рішення.

#### 2.3.4 Застосування Марківських ланцюгів при визначенні ймовірності здійснення обраної стратегії

ІС ІПВ представляє собою послідовність процесів, які можна показати на графі. Всі процеси графу виконуються в певній послідовності. Кожен процес інструментозабезпечення виконується послідовно і відповідає деякому стану ІС ІПВ. Можна сказати, що ІС ІПВ володіє Марківською властивістю. Марківська властивість полягає в тому, що перехід в наступний стан не залежить від того, як система опинилась в попередньому стані [121, 124].

Марківські процеси і їх частинний варіант Марківські ланцюги є найбільш вивченим класом випадкових процесів, які мають багато застосувань. Вони дозволяють моделювати складні процеси, системи, для яких відомі всі можливі стани, але не відомо в якому стані знаходиться система.

Чисельною мірою можливості переходу з стану  $S_i$  в  $S_j$  визначається ймовірністю переходу  $P_{ij}$ . Ймовірність  $P_{ij}$  показує, як часто після потрапляння системи в  $i$ -й стан здійснюється потім перехід в  $j$ -й стан. Таким чином, систему, що розглядається можна уявити як деяку точку, яка в деякі моменти часу «перестрибує»

з одного стану в інший, визначає динамічний характер самої системи. Іншими словами здійснюється випадкове блукання по всім своїм можливим станам.

Модель системи, що розглядається, можна представити в вигляді переліку всіх можливих станів і матрицею імовірностей переходів:

$$\|P_{ij}\| = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{vmatrix}. \quad (2.31)$$

При цьому повинна виконуватись умова: у кожного стану сума ймовірностей всіх переходів (вихідних стрілок) з нього в інші стани, тобто сума членів кожного рядка матриці повинна дорівнювати 1 [121]:

$$\sum_{i=1}^n P_{ij} = 1. \quad (2.32)$$

Для наочності завдання станів системи і можливих переходів зручніше її представити у вигляді орієнтованого графа. Стан системи вважається вершиною графа та зображується у вигляді круга з вписаним у нього позначенням стану, як показано на рисунку 2.8.

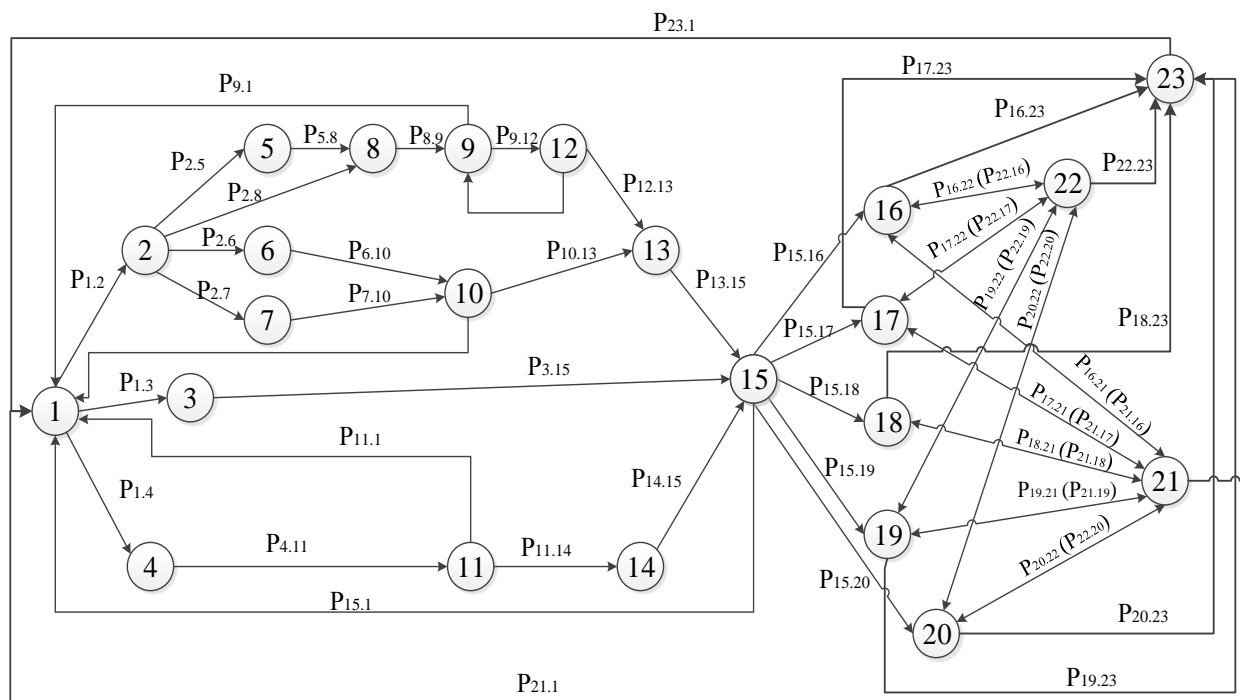
В якості вихідних даних задається матриця перехідних ймовірностей (формула 2.32) та початкові ймовірності станів:

$$P(0) = \begin{vmatrix} P_{01} \\ \dots \\ P_{0n} \end{vmatrix}.$$

В деяких випадках, не дивлячись на випадковість процесу, є можливість до певного ступеня управляти законами розподілу або параметрами перехідних ймовірностей. Вочевидь, за допомогою керованих ланцюгів Маркова визначення ймовірності обраної стратегії в ІС ІПВ є ефективним.

Отже опишемо Марківський ланцюг. Дискретні стани системи ІС ІПВ показані на рисунку 2.16.

Дискретність означає, що стани системи змінюються стрибкоподібно. Тому замість координати часу використовуємо номери кроків, після впливів на ІС ІПВ. При цьому після  $k$ -го кроку система знаходиться в одному із станів  $S_n$ .



- 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.

Рисунок 2.16 – Граф станів системи ІС ІПВ

Таким чином, після першого кроку, ймовірності подій можна описати:



$$p(1) = \langle P(S_1^{(1)}) \quad P(S_2^{(1)}) \quad \dots \quad P(S_n^{(1)}) \rangle;$$

після другого кроку:

$$p(2) = \langle P(S_1^{(2)}) \quad P(S_2^{(2)}) \quad \dots \quad P(S_n^{(2)}) \rangle;$$

після k-го кроку:

$$p(k) = \langle P(S_1^{(k)}) \quad P(S_2^{(k)}) \quad \dots \quad P(S_n^{(k)}) \rangle.$$

Для кожного кроку:  $p_1(k) + p_2(k) + \dots + p_n(k) = 1$ .

Отже, якщо початковий стан системи ІС ІПВ відомий, то є можливість знайти ймовірність станів після будь-якого кроку.

В початковий момент система знаходиться в стані S1. Тому ймовірності початкового стану розподіляться:

$$p(0) = \langle P_1(0) = 1 \quad P_2(0) = 0 \quad \dots \quad P_n(0) = 0 \rangle$$

Після першого кроку ймовірність переходу буде розраховуватись за формулою:

$$\begin{pmatrix} p_1(1) = p_1(0)P_{11} + p_2(0)P_{21} + \dots + p_n(0)P_{n1} \\ p_2(1) = p_1(0)P_{12} + p_2(0)P_{22} + \dots + p_n(0)P_{n2} \\ \dots \\ p_i(1) = p_1(0)P_{1i} + p_2(0)P_{2i} + \dots + p_n(0)P_{ni} \\ \dots \\ p_n(1) = p_1(0)P_{1n} + p_2(0)P_{2n} + \dots + p_n(0)P_{nn} \end{pmatrix}, \quad (2.33)$$

тобто транспонована матриця початкових ймовірностей перемножується з матрицею ймовірностей початкового стану.

Після першого кроку ймовірність переходу розраховується аналогічно:

$$\begin{pmatrix} p_1(2) = p_1(1)P_{11} + p_2(1)P_{21} + \dots + p_n(1)P_{n1} \\ p_2(2) = p_1(1)P_{12} + p_2(1)P_{22} + \dots + p_n(1)P_{n2} \\ \dots \\ p_i(2) = p_1(1)P_{1i} + p_2(1)P_{2i} + \dots + p_n(1)P_{ni} \\ \dots \\ p_n(2) = p_1(1)P_{1n} + p_2(1)P_{2n} + \dots + p_n(1)P_{nn} \end{pmatrix}. \quad (2.34)$$

Таким чином ймовірність станів після кожного переходу можна розрахувати по узагальненій формулі:

$$p_i(k) = \sum_{j=1}^n (p_j(k-1) \cdot P_{ji})|_{n=N}; \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (2.35)$$

Отримані ймовірності станів ІС ППВ на k-му кроці дозволяють розрахувати ймовірність виконання обраної стратегії.

## 2.4 Висновок

Показано, що для сучасних багатомономенклатурних промислових підприємств, особливо машинобудівного профілю, з метою підвищення ефективності інструментозабезпечення нагальним є питання розробки та впровадження системи управління ППВ підприємства на основі процесного підходу. Для організації ефективного управління процесами ППВ необхідно розробляти, впроваджувати й підтримувати інформаційну систему управління якістю ППВ.

Запропонована концептуальна модель інформаційної системи управління ППВ з позиції саме процесного підходу, яку можна зобразити у вигляді трьох взаємозалежних моделей: організаційної моделі ППВ, інформаційної моделі системи ППВ і системи управління якістю ППВ.

Показано, що реалізація запропонованої моделі обумовлена наявністю проблем, що пов'язані з взаємопогодженістю процесів при розробці та впровадженні

систем, які складають ІС ІПВ. Тому в роботі наведено алгоритм розробки та впровадження запропонованої моделі.

Дотримання викладених рекомендацій дозволить не тільки покращити якість технологічного оснащення, а й сприяти оптимізації процесів ІПВ, призведе до збільшення продуктивності праці, зменшить ресурсозалежність, та, як наслідок, знизить витрати на ІПВ, що безпосередньо впливає на собівартість продукції та на конкурентоспроможність підприємства в цілому.

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

Запропоновані вимоги до розроблення та принципи формування класифікації витрат на якість ІС ІПВ, які враховують специфіку протікання процесів ІС ІПВ. Одним з методів формування класифікації витрат на якість процесів ІС ІПВ є експертний метод ранжування, який є сучасним інструментом вивчення й аналізу систем та є дуже ефективним при перекладі метричної форми показників в неметричну.

Запропонована методика розробки класифікації витрат на якість процесів ІС ІПВ може бути використана для раціоналізації діяльності з ІПВ різних машинобудівних підприємств. Розроблена класифікація витрат на якість враховує вимоги до неї та дозволяє підвищити ефективність функціонування раніше запропонованої авторами типової ІС ІПВ.

Для вирішення проблеми щодо аналізу й оцінювання ТЕП ІС ІПВ запропонована математична модель щодо прийняття рішення стосовно ІПВ машинобудівного підприємства. Модель базується на визначенні раціональної стратегії протікання процесів ІС ІПВ машинобудівного підприємства та використанні теорій оптимізації на графі й Марківських ланцюгів.

Запропонована модель прийняття рішень в ІС ІПВ значно спрощує процес розповсюдження інформації та підвищує обґрунтованість ухвалення оперативних управлінських рішень, що дозволяє мінімізувати витрати на ІС ІПВ.

Вперше для прийняття рішення стосовно вибору раціонального шляху перебігу процесів ІПВ запропоновано застосовувати коефіцієнт сталого розвитку ІС ІПВ, який враховує виконання вимог міжнародних стандартів на системи управління (ISO 9001, OHSAS 18001 і т. ін.) та дозволяє підвищити рівень обґрунтованості прийнятих рішень.

На основі застосування теорії нечітких множин запропонована шкала бального оцінювання ТЕП, яка дозволяє узгодити ТЕП між собою, а також алгоритм нормалізації ТЕП в ІС ІПВ машинобудівного підприємства.

### РОЗДІЛ 3

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ПІД ЧАС УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

### 3.1 Обґрунтування вибору раціонального методу прогнозування техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва

Кожний етап процесу ІПВ характеризується специфічним обсягом завдань, особливим підходом до їхнього рішення, певним складом і рівнем підготовки й кваліфікації персоналу, матеріальними й фінансовими ресурсами і т. ін. Специфіка етапів визначає характер, структуру цілей і завдань прогнозування, вибір раціональних методів їх вирішення. Під раціональним методом прогнозування будемо розуміти такий процес його застосування, при якому досягається необхідний рівень вирішення задач при мінімальних витратах ресурсів.

Щоб обґрунтувати вибір того або іншого засобу прогнозування, необхідно мати можливість кількісно оцінити його якість. Для цього пропонується використовувати експертний метод – комплекс логічних і математико-статистичних методів і процедур, пов'язаних з діяльністю експертів по переробці необхідної для аналізу й прийняття рішень інформації.

Вибір раціональних методів прогнозування пропонується проводити згідно з критеріями:

Період попередження прогнозу – проміжок часу, на який розробляється прогноз. За часом попередження або тимчасовому обрїю всі прогнози підрозділяються на: оперативні (до 1 місяця), короткострокові (від 1 місяця до 1 року), середньострокові (від 1 року до 5 років), довгострокові (від 5 років до 15-20 років) і далеко строкові (понад 20 років).

Тип даних: казуальний (вибірка) і часовий ряд (стаціонарний, сезонний, тренд і циклічний). Вибірка складається з даних, які зібрані у фіксований момент часу.

Часовий ряд складається з даних, які фіксуються через послідовні проміжки часу [63].

Стаціонарний часовий ряд становлять дані, середнє значення й дисперсія яких постійні (або відносно постійні) із часом. Такий ряд існує, якщо виконується одна з умов: впливу, що впливають на зміну ряду, стабілізувалися й навколишнє середовище відносно незмінне; необхідно спростити модель через недолік даних або для спрощення реалізації прогнозу, або для спрощення пояснення (якщо прогноз на має принципової важливості); ряд можна перетворити в стабільний; стабільність може бути досягнута після коректування яких-небудь факторів.

Трендовий ряд створюють дані, що мають компонент, що характеризує зростання або убування значень даних протягом тривалого проміжку часу. Методи прогнозування для таких рядів використовуються у випадках, коли фактор/фактори, що впливають на процес викликають збільшення або зменшення значень ряду.

Сезонний ряд становлять дані, зміни яких повторюються рік у рік. Методи прогнозування для сезонних рядів використовуються у випадках, коли розглянуті величини визначаються річним циклом.

Циклічний ряд становлять дані, що мають тенденцію повторення сталого стилю поведінки кожні два, три й більш років.

Ефективність – необхідність перевищення економічного ефекту від використання прогнозу над витратами на його розробку.

Безперервність – можливість робити коректування прогнозу в міру вступу нової інформації про об'єкт прогнозування.

Верифікованість – точність, ймовірність і обґрунтованість прогнозу.

Альтернативність – можливість розвитку об'єкта дослідження (окремих його елементів) по різних траєкторіях.

Слід зазначити, що специфіка ІПВ дозволяє відсіяти частину методів за критеріями 1 і 2. Так, виходячи з мети ІПВ [4], можна зробити висновок про швидкість протікання процесів інструментозабезпечення. Період попередження прогнозу в цьому випадку не перевищує 1 рік. Отже, за першим критерієм з

наведеної на рис. 1.7 класифікації відбираються методи, які дозволяють проводити оперативний і короткостроковий прогноз. А саме: екстраполяція трендів; метод ковзних середніх; метод експонентного згладжування; метод Хольта й Брауна; метод Вінтерса; регресійний аналіз; авторегресійна модель; кореляційний аналіз; метод «інтерв'ю»; аналітичний метод; метод психоінтелектуальної генерації ідей; метод комісій; метод «Дельфі» (анкетування); побудова сценаріїв; метод колективної генерації ідей («мозкова атака»); метод керованої генерації ідей; синоптичний метод; метод евристичного прогнозування; імітаційне моделювання; історико-логічний аналіз і морфологічний аналіз.

Другий критерій є одним з найбільш важливих у виборі методів прогнозування. Тому в роботі був проведений аналіз моделей даних в ІПВ. Було встановлено, що кожна стадія життєвого циклу ІПВ характеризується казуальним, сезонним або трендовим типом даних. Методи прогнозування, які можуть оперувати сезонними рядами: метод Вінтерса; регресійний аналіз; кореляційний аналіз; метод «інтерв'ю»; аналітичний метод; метод психоінтелектуальної генерації ідей; метод комісій; метод «Дельфі» (анкетування); побудова сценаріїв; метод колективної генерації ідей («мозкова атака»); метод керованої генерації ідей; імітаційне моделювання; морфологічний аналіз.

Для трендових рядів можуть використовуватися методи: екстраполяція трендів; метод експонентного згладжування; регресійний аналіз; кореляційний аналіз; метод «інтерв'ю»; аналітичний метод; метод психоінтелектуальної генерації ідей; метод комісій; побудова сценаріїв; метод «Дельфі» (анкетування); метод колективної генерації ідей («мозкова атака»); метод керованої генерації ідей; імітаційне моделювання й морфологічний аналіз.

Вибір оптимального методу прогнозування на кожному етапі життєвого циклу ІПВ автори пропонують робити згідно критеріїв, що залишилися (3, 4, 5 і 6). Для аналізу експертам надавалися методи, попередньо відсортовані у дві групи: перша – методи, що аналізують трендовий тип даних і друга – методи, що аналізують сезонний тип даних.

Після проведення робіт з формування експертної групи, проводиться кодування факторів і визначення думок експертів табл. 3.13.

Таблиця 3.1 – Приклад аркуша аналізу думок члена експертної групи

Методи прогнозування	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1	Метод Вінтерса	1	1	0	1	2	0	2	1	1	1	1	2	2	1
2	Побудова сценаріїв	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0
3	Регресійний аналіз	2	2	1	1	2	2	2	2	2	1	1	2	2	1
4	Кореляційний аналіз	1	2	1	1	2	1	2	2	2	1	1	2	2	1
5	Метод «інтерв'ю»	0	1	0	0	1	2	1	1	1	0	0	1	1	1
6	Аналітичний метод	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
7	Метод психоінтелектуальної генерації ідей	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	2	1
8	Метод комісій	1	2	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	2	1
9	Метод «Дельфі»	1	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
10	Метод колективної генерації ідей	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
11	Метод керованої генерації ідей	1	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	2	2	2
12	Імітаційне моделювання	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0
14	Історико-логічний аналіз	1	2	1	1	1	2	1	1	1	0	0	2	2	1

Примітка. У табл. 3.13. перевага  $j$ -го об'єкта перед  $i$ -м позначене цифрою 2, рівноцінність - цифрою 1, а перевага  $j$ -го об'єкта перед  $i$ -м - цифрою 0.

Розрахувати значення вагових коефіцієнтів, отриманих подвійним попарним зіставленням, можна методом послідовного наближення, у якому результат виміру в ( $w$ ) наближенні визначається як середньоквадратичне зважене. Первісні результати розглядаються в цьому випадку як перше наближення. У другому наближенні вони використовуються як вагові коефіцієнти  $G_j(2)$  суджень експертів. Отримані з обліком цих вагових коефіцієнтів нові результати, у третьому наближенні розглядаються знову як вагові коефіцієнти  $G_j(3)$  тих же думок експертів і т. ін. Згідно з теоремою Перона-Фробеніуса [150, 151], при певних, виконуваних на практиці умовах, цей процес сходиться, тобто вагові коефіцієнти прагнуть до деяких



постійних значень, що строго відбивають співвідношення між об'єктами експертизи при встановлених експертами вихідних даних.

У даній роботі уточнення вагових коефіцієнтів запропоновано робити методом послідовного наближення.

Первісні результати  $G_j(1)$  визначаються по формулі:

$$G_j(1) = \sum_{l=1}^m K_{jl}, \quad (3.1)$$

де  $K_{jl}$  – число переваг  $j$ -го показника одним експертом ( $l=1 \dots m$ );

$G_j(1)$  – результат виміру  $j$ -го показника в першому наближенні.

Результати виміру  $j$ -го показника в ( $w$ ) наближенні будуть рівні [85]:

$$G_j(w) = \sqrt{[(G_1(w-1))^2 \cdot K_{j1} + \dots + (G_m(w-1))^2 \cdot K_{jm}],} \quad (3.2)$$

де  $G_j(w-1)$  - результат виміру  $j$ -го показника в ( $w-1$ ) наближенні.

Значення вагових коефіцієнтів у ( $w$ ) наближенні визначають, як

$$\gamma_j(w) = \frac{G_j(w)}{\sum_{j=1}^m G_j(w)}. \quad (3.3)$$

Процес уточнення значень триває доти, поки точність не досягне заданої, тобто поки не виконається умова:

$$\gamma_j(w) - \gamma_j(w-1) \leq \varepsilon, \quad (3.4)1$$

де  $\varepsilon$  – задана точність обчислень, яка звичайно ухвалюється [85]:

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 0,001 \text{ при } 1 < a \leq 1; \\ \varepsilon &= 0,01 \text{ при } a > 5 \end{aligned} \quad (3.5)$$

де  $a$  - коефіцієнт, що показує: у скільки раз вага кращого з показників перевершує вага гіршого показника.

Результатом експертних оцінок є дві зведені таблиці показників вагомості процесів життєвого циклу ППВ окремо для методів із трендовим типом даних і методів із сезонним типом даних.

Показники вагомості методів прогнозування визначають пріоритетний метод прогнозування для конкретного процесу ППВ. Отже, можна виділити рекомендовані до застосування раціональні для відповідних умов методи прогнозування показників якості процесів ППВ. Для цього необхідно визначити граничне значення показника вагомості, що розділяє показники вагомості на «важливі» і «неважливі». Методи з показниками вагомості, що перевищують це значення, є рекомендованими до застосування. Граничне значення показника визначається по формулі [85]:

$$q = 1/n \quad (3.6)$$

де  $n$  – кількість аналізованих методів прогнозування в кожному процесі ППВ.

Таким чином, запропонований метод визначення раціонального методу прогнозування дозволяє значно скоротити час на розробку або заміну прогнозуючої моделі, хоча він не виключає перевірку обраних методів на адекватність і визначення помилки прогнозу. Отже, запропонований метод відіграє важливу роль в оптимізації й підвищенні якості процесів ППВ на всьому життєвому циклі інструмента й оснащення.

Таблиця 3.2 – Рекомендовані методи прогнозування показників якості процесів ІПВ.

Процеси ІПВ по етапах життєвого циклу	Методи прогнозування														
	Екстраполяції	Експонентного згладжування	Вінтерса	Регресійний аналіз	Кореляційний аналіз	Аналітичний метод	Метод «інтерв'ю»	Психоінтелектуальної генерації ідей	Комісій	«Дельфі»	Коллективної генерації ідей	Керованої генерації ідей	Прогнозний сценарій	Історико-логічний аналіз	Морфологічний аналіз
1. Виявлення потреби в ТО, її уніфікації	Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С	С	-
2. Підготовка плану випуску ТО	-	Т	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	С, Т	С, Т
3. Оцінка ефективності використання власної ТО / покупний ТО	-	-	-	-	-	Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-
4. Закупівля ТО, матеріалів, елементів і вузлів ТО	С, Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	С	С, Т	С, Т	-	С	-
5. Випробування й зберігання покупних матеріалів, елементів і вузлів ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	С	С, Т	С, Т	-	-	-
6. Виготовлення й випуск ТО	-	-	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-
7. Зберігання й облік витрат наявності, стану й потреби в ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	-	-	-	-	С	С, Т	С, Т	-	-	-
8. Експлуатація ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9. Планово-попереджувальний ремонт або відновлення ТО	-	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-
10. Збір і первинна переробка відпрацьованого ТО	-	-	-	-	-	-	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	-	-	-

Примітка. С – метод із сезонним типом даних, Т – метод із трендовим типом даних, «-» – метод не рекомендується.

### **3.2 Практична реалізація запропонованої моделі управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва**

Якість процесів інструментальної підготовки виробництва значно підвищується при вдосконаленні механізмів і інструментів обміну та обробки інформації. Аналіз сучасних інформаційних систем, такі, як CALS, як показано в розділі 1, дозволяють підвищити ефективність збору, зберігання, аналізу й передачі інформації в ІС ІПВ. Також, як вже зауважувалось, можливості сучасних інформаційних технологій дозволяють проводити розрахунки великих обсягів при скороченні на це часу.

Управління ІПВ в сучасних умовах вимагає все більшої оперативності при зменшенні витрат та часу простоїв. Тому використання ІС ІПВ є одним з найважливіших важелів функціонування підприємства.

Але необхідно зауважити, що рішення в ІС ІПВ, як і в інших інформаційних системах, приймаються людьми на основі інформації, яка є продуктом ІС, тобто первинна інформація перетворюється на результатну, придатну для прийняття рішень. В ІС ІПВ частина процедур формального перетворення первинної інформації в результатну автоматично виконується технічними засобами за задалегідь заданими алгоритмами, без безпосереднього втручання людини. ІС ІПВ може повністю функціонувати в автоматичному режимі, але персонал ІС ІПВ 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 ІПВ був реалізований на прикладі процесів тактичного рівня ІС ІПВ за допомогою засобів MS EXCEL, а також розробленого програмного забезпечення «Пошук найкоротшого шляху». Засоби Microsoft Excel застосовуються для автоматизації процесу збору первинної інформації щодо ТЕП ІС ІПВ. Програмне забезпечення «Пошук найкоротшого шляху» дозволяє за описаним у

розділі 2.3 алгоритмом Дейкстри отримати результатну інформацію для прийняття рішень. На основі отриманої інформації приймається раціональне рішення в ІС ІПВ.

В якості прикладу розглядалось прийняття раціонального рішення для забезпечення різцями 2103-0714 ВК8 ГОСТ 20872-80 деталі «Вал 1.3910-650.10-02». При прийнятті рішення розглядались варіанти: «придбати 10 різців», «використовувати 10 різців, що є в наявності», «виготовити 10 різців», «модернізувати 10 різців» та «скласти 10 різців з комплектуючих, що є в наявності», при перевірці обмежуючої умови «час». Тобто виконувався блок 3 алгоритму моделі прийняття рішень в ІС ІПВ, яка обґрунтована в розділі 2.1.

Перший етап запропонованого алгоритму включає побудову графу станів процесів ІС ІПВ. Для процесів тактичного рівня ІС ІПВ граф, що зображений на рисунку 2.8 буде мати вигляд, як показано на рисунку 3.1.

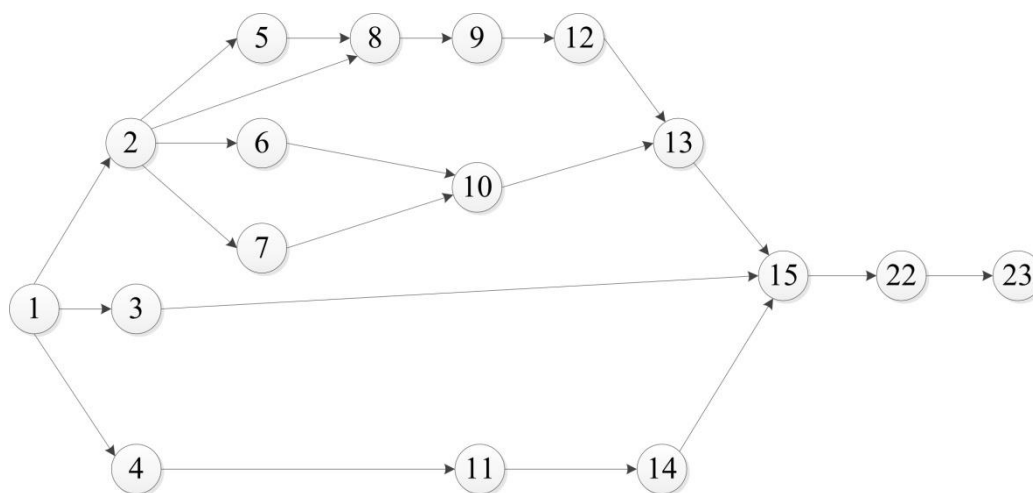


Рисунок 3.1 – Граф станів процесів тактичного рівня ІС ІПВ

Згідно цього рисунка рішення «придбати 10 різців» відповідає шляху 1-4-11-14-15-22-23, рішення «використовувати 10 різців, що є в наявності» – шляху 1-3-15-22-23, «виготовити 10 різців» – шляху 1-2-5-8-9-15-22-23, «модернізувати 10 різців» – шляху 1-2-6-10-13-15-22-23 та «скласти 10 різців з комплектуючих, що є в наявності» – шляху 1-2-7-10-13-15-22-23.

Наступний етап полягає в створенні бази ТЕП для конкретного підприємства на основі запропонованої в розділі 2.2.2 системи. Це відбувається з врахуванням

особливостей підприємства, що розглядається, та виключенням загальносистемних ТЕП, а також тих, що корелюють між собою. Для підприємства ПАТ «СМНВО»

Таблиця 3.3 – Система ТЕП для процесів ІС ІПВ тактичного рівня підприємства, що аналізується

ТЕП	Відносні, знаходяться в інтервалі 0 – 1 (оптимальне значення 1)	Які мають оптимальне абсолютне значення	Визначаються згідно логічних суджень експертів
Організаційні	Коефіцієнт використання робочого часу	–	–
Виробничі	Показник використання обладнання	Коефіцієнт використання виробничої потужності	–
Якості	Рівень нормативного забезпечення	–	–
Соціальні	Рівень нормативної документації в сфері охорони праці. Рівень інструктажу персоналу Коефіцієнт зайнятості персоналу Показник рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпечністю	–	–
Екологічні	–	–	Рівень змісту та оформлення доказової документації екологічної безпеки процесів Рівень виконання вимог до захисту навколишнього середовища

На рисунках 3.2 – 3.4 показані інтерфейс програми Microsoft Excel для збору інформації щодо прогнозних значень ТЕП в ІС ІПВ, розрахунку комплексних ТЕП ІС ІПВ та коефіцієнта сталого розвитку процесів ІС ІПВ.

Значення ТЕП (рис. 3.2) та витрат на якість процесів ІС ІПВ (рис. 3.4) знаходились за допомогою методів прогнозування, рекомендації щодо їх застосування обґрунтовані в розділі 3.1.

Слід зауважити, що на рис. 3.2 значення ТЕП переведені в бали, згідно розроблених в 2.3.3 шкал оцінювання.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Соціальні ТЕП	Значення ТЕП для процесів ІС ІПВ згідно графу станів, бали										
2		виявлення потреб в ТО	рішення про виготовлення, модернізацію ТО чи використання збірних ТО	прийняття рішення про використання ТО, що є в наявності	прийняття рішення про закупівлю уніфікованого ТО	розроблення проекту на виготовлення ТО	розроблення проекту на модернізацію ТО	розроблення проекту на складання ТО	підготовка плану випуску ТО	закупівля матеріалів	закупівля комплектуючих	закупівля ТО
3		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
4	Рівень нормативної документації в сфері охорони праці;	5	2	1	1	1	2	1	1	1	1	1
5	Рівень інструктажу персоналу;	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	Показник зайнятості персоналу;	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
7	Показник рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпечністю.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	Комплексні	4,684556	4,60342068	4,414213562	4,414214	4,41421356	4,60342068	4,414214	4,414214	4,414214	4,414214	4,414214

Рисунок 3.2 – Впорядкування інформації щодо значень ТЕП для тактичних процесів ІС ІПВ

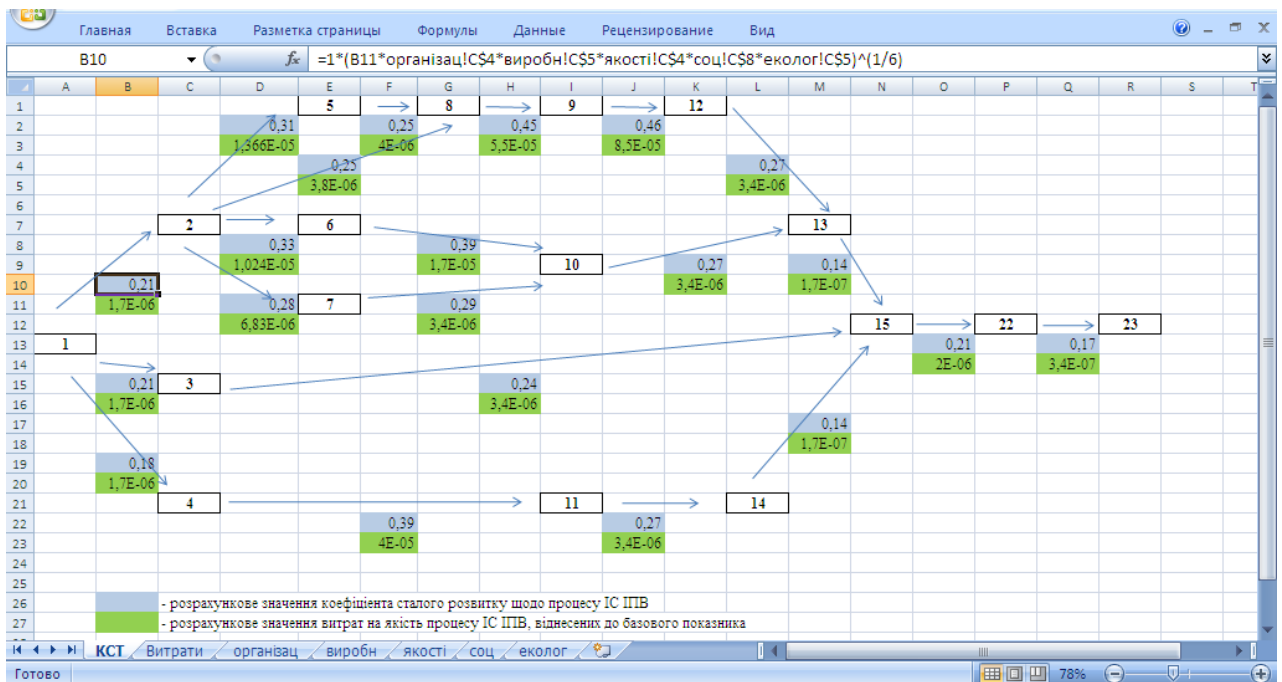


Рисунок 3.3 – Розрахунок коефіцієнта сталого розвитку для тактичних процесів ІС ІПВ

Як видно з рисунків 3.4 та 3.5, файл має сім вкладень, перше (основне) – для розрахунку коефіцієнта сталого розвитку тактичних процесів ІС ІПВ, друге – для

розрахунку витрат на якість процесів ІС ІПВ, інші п'ять – для розрахунку комплексних ТЕП соціальної, організаційної, якості, виробничої та екологічної груп.

Після збору вхідної інформації дані переносяться до програмного забезпечення «Пошук найкоротшого шляху», де обчислюється оптимальне значення коефіцієнту сталого розвитку (або часу на виконання процесів ІС ІПВ). На рисунках 3.6 – 3.8 приведені інтерфейс та основні можливості програми.

На першому етапі відбувається побудова графа станів процесів ІС ІПВ на тактичному рівні, який відповідає рисунку 3.3. Граф будується натисканням кнопок «Разместить вершину» та «Добавить ребро». Є можливість видалити побудовану вершину натисканням кнопки «Удалить вершину».

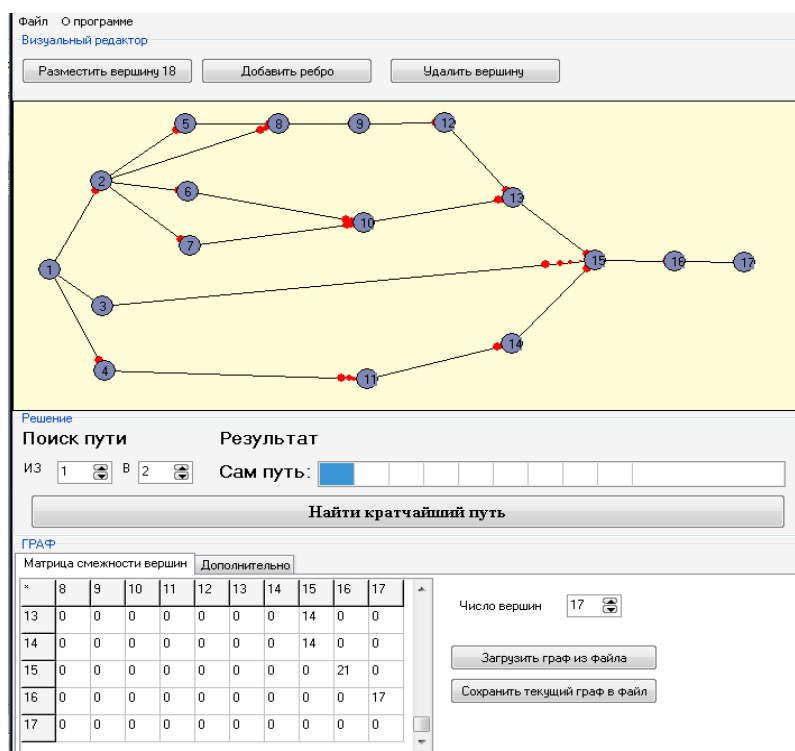


Рисунок 3.4 – Інтерфейс програмного забезпечення для застосування алгоритму Дейкстри при обчисленні коефіцієнта сталого розвитку

Після побудови графу станів процесів ІС ІПВ заповнюється матриця суміжності, як показано на рисунку 3.4. Обирається номер початкової та кінцевої вершин та натискається кнопка «Найти кратчайший путь». Після цих дій програма пропонує найкоротший шлях, як показано на рисунку 3.5.



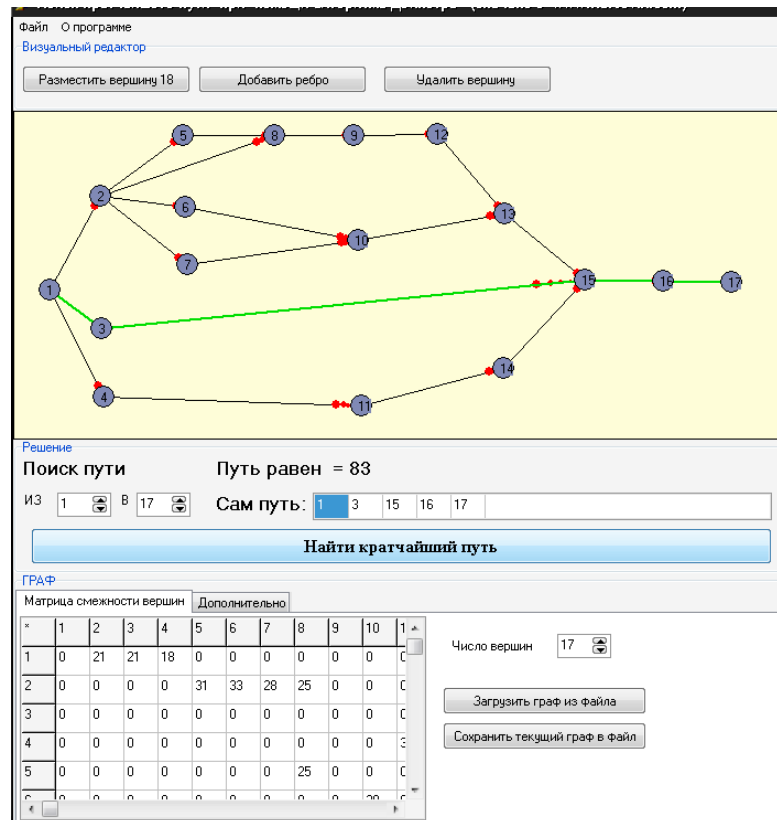


Рисунок 3.5 – Інтерфейс програмного забезпечення для застосування алгоритму Дейкстри під час обчисленні оптимального коефіцієнта сталого розвитку

Найкоротший шлях, виділяється зеленим кольором, та описується в рядку «Сам путь» вершинами, які входять у шлях. На рисунку 3.7 цей шлях: 1-3-15-16-17. Значення функції оптимізації висвічується в рядку «Шлях дорівнює», згідно рисунка коефіцієнт сталого розвитку дорівнює 0,83. Тобто при прийнятті рішення «придбати 10 різців», «використовувати 10 різців, що є в наявності», «виготовити 10 різців», «модернізувати 10 різців» та «скласти 10 різців з комплектуючих, що є в наявності», при перевірці обмежуючої умови «час», раціональним рішенням буде «використовувати 10 різців, що є в наявності».

Якщо різців в наявності немає, то ця гілка виключається шляхом виключення вершини «3», та знову проводяться розрахунки коефіцієнта сталого розвитку та перевіряється умова «час». При виключенні гілки «використовувати 10 різців, що є в наявності» програма пропонує нове рішення – «придбати 10 різців», рисунок 3.6

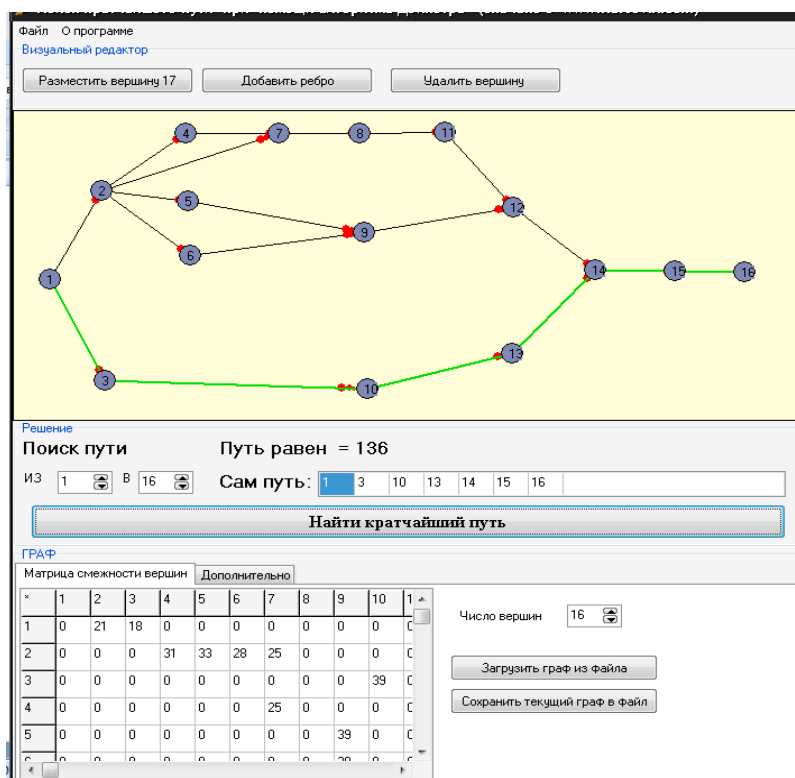


Рисунок 3.6 – Интерфейс программного забезпечення «Пошук найкоротшого шляху»

Якщо запитаний шлях не існує – програма видає повідомлення «Пути между этими вершинами нет», рисунок 3.7.

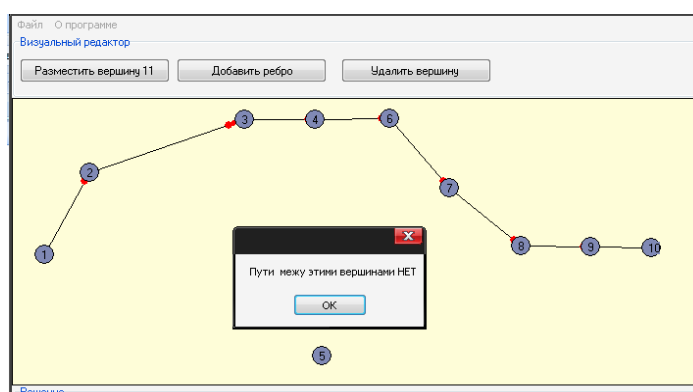


Рисунок 3.7 – Интерфейс программного забезпечення при невірному запиті шляху

Також наявні додаткові можливості програмного забезпечення, рис. 3.8, 3.9. Є можливість видалити всі ребра графу, оновити зображення, розподілити рівномірно вершини та зберегти побудований граф у файл.

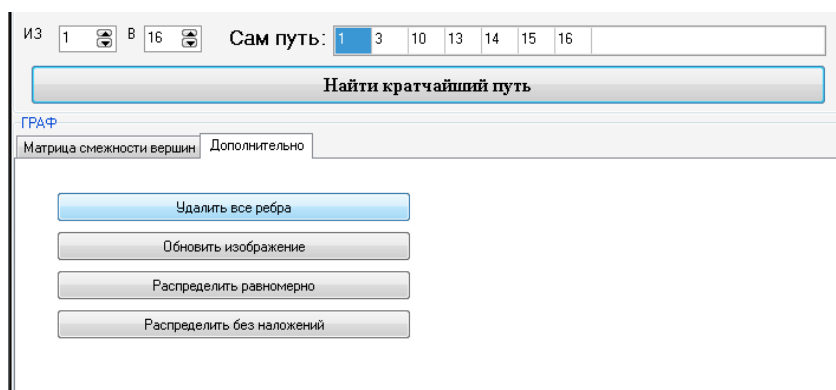


Рисунок 3.8 – Додаткові можливості програмного забезпечення

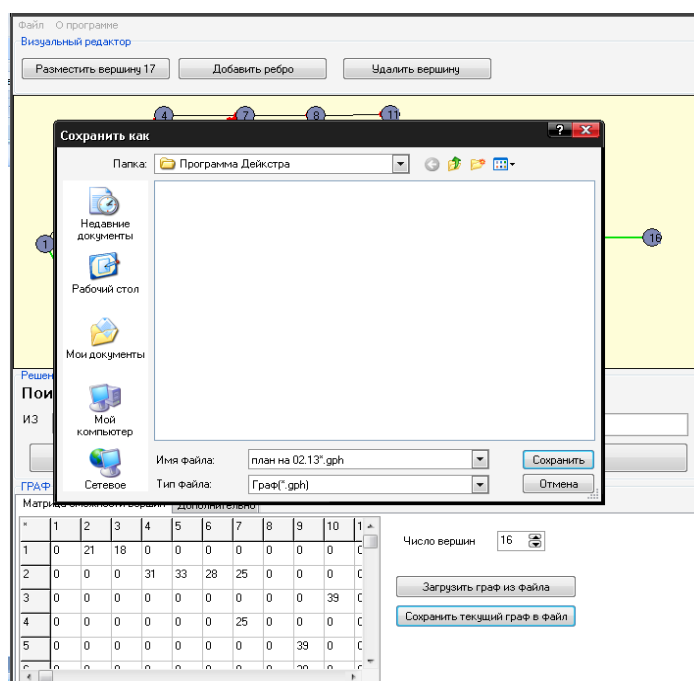


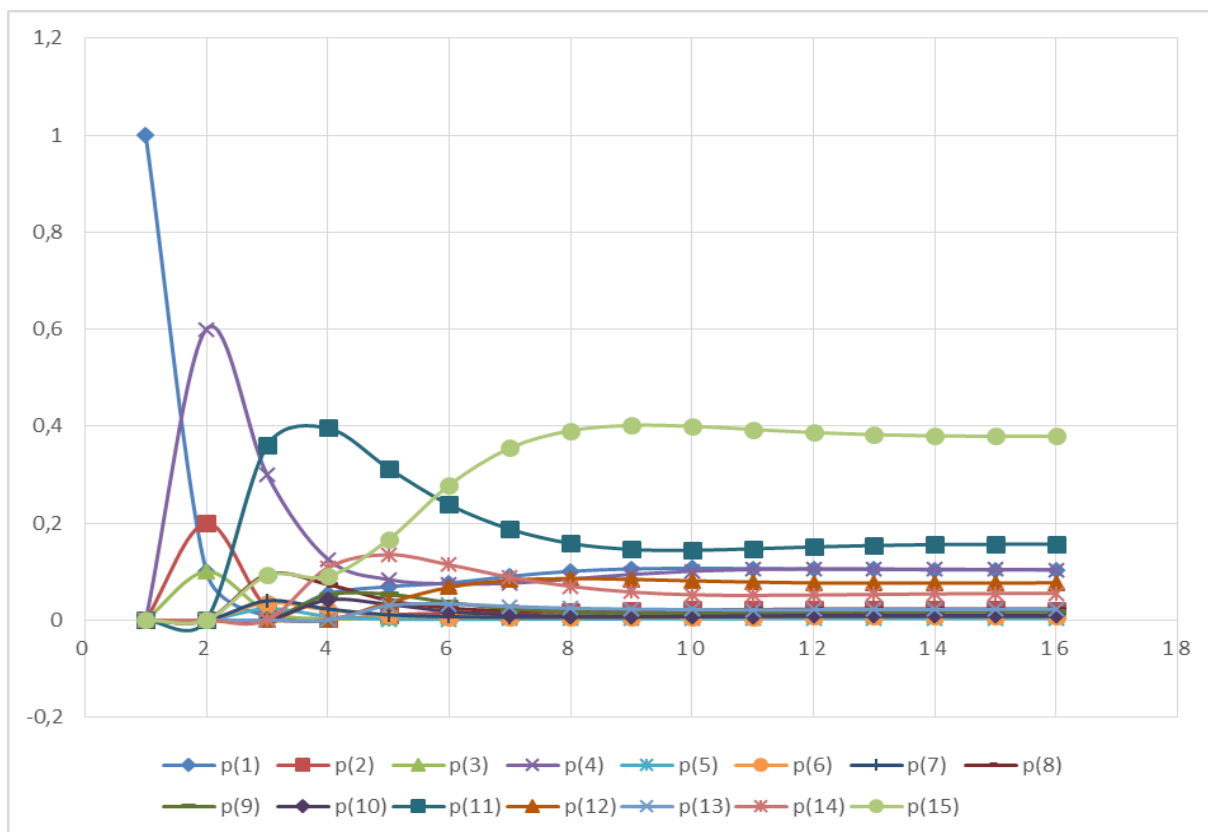
Рисунок 3.9 – Додаткові можливості програмного забезпечення

Для виконання шостого блоку запропонованої моделі розрахунок ймовірності станів ІС ІПВ на  $k$ -му кроці проводиться за допомогою використання Марківських ланцюгів за методикою, описаною в 2.3.4.



Ймовірність станів після кожного переходу розраховується за формулами 2.32 – 2.34.

Для прийнятих початкових даних, на основі моделі ІС ІПВ, як Марківського ланцюга, були отримані графіки зміни ймовірностей станів ІС ІПВ, які показані на рисунку 3.11.



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;

Рисунок 3.11 – Графік зміни ймовірностей станів ІС ІПВ

Аналіз рисунку 3.11 показав, що після восьмого кроку спостерігається стійкість розподілу ймовірності. Найбільш ймовірний процес після процесу зберігання ТО є процес 11 закупівлі ТО. Тобто найбільш ймовірною є обрана раціональна стратегія.

### **3.3 Обґрунтування ефективності впровадження методики прийняття рішень в інформаційній системі інструментальної підготовки виробництва**

Під час впровадженні у виробничих умовах запропонованої в другому розділі моделі постає питання ефективності прийнятих рішень.

В процесі дослідження даної проблеми науковцями були виділені наступні підходи [152]: «альтернативної вартості», «оптимальність Парето», «продуктивності факторів виробництва», «ресурсний», «витратний», «результативний», «цільовий», «потрібнісний», «статико-динамічний». Тому вибір обґрунтованого підходу для визначення ефективності є актуальним питанням при впровадженні моделі прийняття рішень в ІС ІПВ.

Вивченням поняття та підходів до розрахунку ефективності займалися ряд вчених, наприклад, Олійник О. В., Ковзель М. О., Рац О. М. [153, 154, 155] Економічна ефективність розглядається ними як результативність економічної діяльності, реалізації економічних заходів.

Результати впровадження запропонованої в розділі 2 Методики прийняття рішень в ІС ІПВ можна оцінити за допомогою економічної ефективності, яка виражає результативність інструментального виробництва. Вона характеризується шляхом зіставлення отриманого економічного ефекту (результату) до витрат ресурсів, які зумовили отримання цього результату [156, 157].

Для визначення витрат на підприємстві використовується термін собівартість продукції. Собівартість – показник, що узагальнює всі сторони діяльності підприємства, а також характеризує ефективність його роботи. До собівартості зараховують сукупні витрати на підготовку і виробництво продукції (робіт, послуг)

та збут, виражені у грошовій формі. Собівартість характеризує ефективність усього процесу виробництва на підприємстві, оскільки в ній відображаються рівень організації виробничого процесу, технічний рівень, продуктивність праці та ін. Чим краще працює підприємство, ефективніше використовує виробничі ресурси, тим нижча собівартість.

Порівняльна економічна ефективність визначається при виборі одного з двох і більше варіантів вирішення певної господарської або техніко-економічної задачі, наприклад, при вирішенні питань з виробництва та застосування взаємозамінних матеріалів і продукції; реконструкції діючих підприємств та ін. Вона дає можливість охарактеризувати переваги одного варіанта в порівнянні з іншими [157]. При визначенні порівняльної економічної ефективності в якості величини економічного ефекту приймається економія, отримана від зниження собівартості продукції, в якості витрат – додаткові капітальні вкладення, що зумовили цю економію.

При зіставленні двох варіантів можливо різне співвідношення необхідних капітальних вкладень і рівня собівартості продукції. Той варіант, який характеризується меншими (або рівними) капітальними вкладенням і одночасно забезпечує нижчу собівартість продукції, за інших рівних умов визнається економічно вигідним. При впровадженні запропонованої методики прийняття рішень на машинобудівних підприємствах не виключаються капітальні вкладення (додаткові витрати), наприклад, на програмне забезпечення, додаткову оргтехніку та ін. Але в цьому випадку вони не враховуються, тому що на ПАТ «СМНВО» впроваджена інформаційна система SAP.

Враховуючи вищезазначене формулу для розрахунку порівняльної ефективності можна представити у вигляді:

$$E = \frac{C_{\sigma}}{C_{np}},$$

де  $C_{\sigma}$  – собівартість продукції при виконанні базової стратегії інструментозабезпечення (стратегії підприємства), грн.;  $C_{np}$  – собівартість продукції при виконанні прийнятої стратегії (на основі Методики прийняття рішень), грн.

При калькулюванні собівартості важливе значення має склад витрат, які до неї входять. Собівартість повинна включати до свого складу витрати необхідної праці, тобто витрати, що забезпечують процес відтворення всіх факторів виробництва (предметів і засобів праці, робочої сили і природних ресурсів). Крім того, враховуючи специфіку запропонованої методики прийняття рішень, до собівартості необхідно включати витрати на ППВ.

Згідно методики [158] до статей калькуляції запропоновано відносити:

- сировина та матеріали;
- основна заробітна плата виробничих робітників;
- додаткова заробітна плата виробничих робітників;
- відрахування на соцстрах;
- відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв;
- відшкодування вартості спеціальних інструментів (спец оснащення) і пристроїв цільового призначення;
- витрати на проектування, виготовлення (придбання) спеціального інструменту (спец оснащення) і пристроїв цільового призначення;
- витрати на ремонт і утримання в робочому стані спеціальних інструментів;
- витрати на утримання спеціальних служб підприємства, конструкторських бюро, що спеціально обслуговують поточне виробництво певних видів виробів;
- витрати на проведення епізодичних і періодичних випробувань, оплата експертиз, консультацій, пов'язаних з використанням спеціальних інструментів та пристроїв цільового призначення;
- витрати на виконання спеціальних робіт, передбачених технічними умовами тільки під час виробництва окремих виробів із серії або замовлення (особливе виконання);



- відшкодування вартості втрат від недовикористання деталей і вузлів застарілих конструкцій, а також спеціальних інструментів і пристроїв, коли ці втрати виникли внаслідок проведення поточної модернізації виробу з метою поліпшення його якості, надійності, довговічності та зниження собівартості;
- вартість доданої до виробів технічної документації;
- витрати на утримання та експлуатацію устаткування;
- загально виробничі витрати:
- витрати, пов'язані з управлінням виробництвом, а саме: на утримання працівників апарату управління структурних підрозділів;
  - на оплату робіт (послуг) консультаційного та інформаційного характеру, пов'язаних із забезпеченням виробництва;
  - витрати на службові відрядження;
  - витрати на повне відновлення основних фондів та капітальний ремонт (виробничого призначення) у вигляді амортизаційних відрахувань від вартості основних виробничих фондів на реконструкцію, модернізацію та капітальний ремонт фондів, що належать підприємству, а також тих, що перебувають у користуванні підприємства;
- витрати на обслуговування виробничого процесу: придбання сировини, матеріалів, палива, енергії, інструментів, пристроїв та інших засобів і предметів праці;
- загальногосподарські витрати:
- витрати на обслуговування виробничого процесу: придбання сировини, матеріалів, палива, енергії, інструментів, пристроїв та інших засобів і предметів праці; проведення поточного ремонту, технічний огляд і технічне обслуговування основних виробничих фондів загальногосподарського характеру, за винятком їх реконструкції і модернізації; контроль за виробничими процесами і якістю продукції (робіт, послуг); забезпечення правил техніки безпеки праці, санітарно-гігієнічних та інших вимог та ін.;

- витрати на пожежну і сторожову охорону (включаючи оплату послуг сторонніх підприємств за пожежну та сторожову охорону);
- поточні витрати, пов'язані з утриманням та експлуатацією фондів природоохоронного призначення, витрати на захоронення екологічно небезпечних відходів та ін.;
- витрати, пов'язані з управлінням виробництвом.

Таким чином, впровадження запропонованої в розділі 2 «Методики прийняття рішень в ІС ІПВ» має вплив на пункти 5, 7.д та 8.а вказаного кошторису собівартості.

Для розрахунку Е впровадження «Методики прийняття рішень в ІС ІПВ» на підприємстві ПАТ «СМНВО» для п'яти технологічних процесів виготовлення деталей були взяті наступні дані за 2013-2014 рр.:

- номенклатура інструменту для їх виготовлення представлена в таблиці 3.5;
- кошторис собівартості деталі (в таблиці 3.6 представлено (у якості прикладу) статті кошторису втулки ущільнення Н17.59.109).

Дані розрахунків порівняльної економічної ефективності впровадження методики прийняття рішень в ІС ІПВ (представлені в таблиці 3.7).

Таким чином, в даному випадку, для чотирьох проектів, у яких виконується обмежуюча умова – виконання інструментозабезпечення точно в строк, – середня ефективність становить 1,13, тобто в середньому ефективність впровадження методики прийняття рішень в ІС ІПВ у відсотках становить:  $(1,13 - 1) * 100\% = 13\%$ .

Таблиця 3.5 – Номенклатура інструменту по деталям

Деталь 1	Інструмент, що необхідний для виготовлення деталі 2
Вал 1.3910-650.10-02	свердло 2301-0015 Р6М5 ГОСТ 10903-77; різець 2103-0714 Т5К10 ГОСТ 20872-80; різець 2103-0714 ВК8 ГОСТ 20872-80; фреза 2223-0011 Р6М5 ГОСТ 17026-71; шліфувальний круг прямого профілю ГОСТ 2424-83

Кінець табл. 3.5

1	2
Втулка ущільнення Н17.59.109.01	свердло 2301-3587 ГОСТ 10903-77; свердло центрувальне 2317-0106 ГОСТ 14952-75; різець 2112-0005 Т15К6 ГОСТ 18880-73 (R0,2 при вершині); різець 2141- 0059 Т15К6 ГОСТ 18883-73. різець спеціальний канавковий; різець підрізний DCLNR 3232P12; пластина CNGP 120408-ММ GC2025; різець підрізний DCLNL 3232P12; пластина CNGP 120408-ММ GC2025. різець канавковий RAG123K11-40В; пластина N123K2-0600-0004-GM GC1125; канавковий різець: LF123J13-3232BM; пластина N123J2-0500-0004-GM GC1125; різець SVJBL 2525M11; пластина VBMT 110302-MF GC 1125
Вал-шестерня 317-225.261-01	контурний різець C4-PWLNР-27050-06JET; пластина WNGG 060402-MFI; канавковий різець C4-CFIR-27060-03JET; пластина LCMF 160302-03-00-FT; різець для проточки канавки спеціальний. фреза 2234-0353 N 9 ГОСТ 9140-78, Сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73 шліфувальний круг 1 300?25?32 25А F46 N 6 V 35 2.
Поршень верхній 265А.212-5	різець 2102-1367 BK6 ГОСТ 24996-81; різець 21450601 BK6 ГОСТ 20874-75; свердло 2301-3555 Р6М5 ГОСТ 10903-77; фреза дискова шлицева 2214-0158 Р6М5 ГОСТ 2679-73
Корпус СТКТ 3.1.1.010.320-00.03	свердло 2301-3605 Р6М5 ГОСТ 10903-77 – свердло спіральне ?15,5; свердло 2301-3674 Р6М5 ГОСТ 10903-77 – свердло спіральне ?30; свердло 2301-3708 Р6М5 ГОСТ 10903-77 ?40; різець 2103-0714 BK8 ГОСТ 20872-80; фреза 2214-0155 BK8 ГОСТ 9473-80 – фреза торцева насадна ?125; свердло 2301-3001 Р6М5 ГОСТ 10903-77, спіральне свердло діаметром 5 мм; свердло 2301-0015 Р6М5 ГОСТ 10903-77, спіральне свердло діаметром 8 мм; зенківка 2353-0114 Р6М5 ГОСТ 14953-80; мітчик 2620-1156 Р6М5 ГОСТ 3266-81 М6-7Н

Таблиця 3.6 – Кошторис собівартості втулки ущільнення Н17.59.109.01

Найменування статті калькуляції	Сума, грн.
Сировина та матеріали	209,7
Транспортно-заготівельні витрати	15,7
Зворотні відходи (віднімаються)	41,31
Основна заробітна плата	59,64
Додаткова заробітна плата	17,2
Відрахування на соціальне страхування	28,82
Відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв цільового призначення	17,89
Витрати на утримання та експлуатацію обладнання	162
Загальновиробничі витрати	44,33
Разом	513,97

Таблиця 3.7 – Економічна ефективність впровадження запропонованої Методики прийняття рішень в ІС ІПВ.

Деталь	Річна програма випуску, шт	Собівартість виготовлення, грн.		Е, %	Примітки
		Сб	Спр		
Вал 1.3910-650.10-02	250	Сб	14037,04	1,32	+
		Спр	10634,12		
Втулка ущільнення Н17.59.109.01	200	Сб	513,97	1,15	+
		Спр	446,9		
Вал-шестерня 317-225.261-01	400	Сб	72,71	0,995	-
		Спр	73,07		
Поршень верхній 265А.212-5	400	Сб	3143	1,058	+
		Спр	2970,7		
Корпус СТКТ 3.1.1.010.320-00.03	250	Сб	10113,6	1,023	Забезпечення фрези не виконано в заданий термін
		Спр	9886,2		

### 3.4 Висновок

Визначено критерії вибору методу прогнозування, який найбільш адекватно враховує специфіку конкретного процесу ІПВ. На основі визначених критеріїв за допомогою експертного методу проведена кількісна оцінка застосування методів прогнозування показників результативності процесів ІПВ. Хоча запропонований метод не включає перевірку обраних методів на адекватність й визначення помилки прогнозу, він дозволяє значно скоротити час на розробку прогнозуючої моделі щодо оцінювання якості перебігу процесів системи ІПВ та її результативності в цілому. Це дозволяє в повній мірі підвищити гнучкість системи ІПВ вітчизняних промислових підприємств у швидкозмінних умовах.

Апробована математична залежність процесу прийняття рішення при управлінні якістю процесів ІС ІПВ. Доведено, що вона дозволяє в розробленій ІС ІПВ приймати ефективні оперативні рішення.

Показано, що отримані результати і рекомендації відіграють важливу роль в поліпшенні якості перебігу процесів системи ІПВ та її результативності на всіх

етапах життєвого циклу інструменту та оснащення будь-якого машинобудівного підприємства.

Запропоноване програмне забезпечення реалізації моделі прийняття рішень дозволяє підвищити ефективність збору, зберігання, аналізу й передачі інформації в ІС ІПВ.

В наш час існує багато підходів для визначення ефективності вдосконалення діяльності шляхом впровадження нових методів. Тому обрання вірного підходу, який враховував би особливості методу, його впровадження, а також особливості підприємства є актуальним питанням сьогодення. Особливістю запропонованого підходу є визначення порівняльної економічної ефективності. Запропонований показник включає собівартість продукції основного виробництва, в яку враховані сукупні витрати на підготовку і виробництво продукції (витрати на придбання інструменту та матеріалів, витрати відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв). Ефективність впровадження запропонованої методики прийняття рішень в ІС ІПВ складає 13 %.

## РОЗДІЛ 4

### СУЧАСНИЙ СТАН ТА ШЛЯХИ РОЗВИТКУ ПИТАННЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ЛЕЗ РІЗАЛЬНИХ ІНСТРУМЕНТІВ

#### 4.1 Показники якості різального інструменту

Якість – це ступінь, з якою сукупність власних характеристик задовольняється вимогами (ДСТУ ISO 9000). Відповідно якість ріжучого інструменту характеризується сукупністю властивостей, що обумовлюють придатність інструменту до процесу різання із забезпеченням заданих форм, розмірів і якості поверхонь деталі при певній продуктивності праці, витрати трудових, матеріальних і грошових коштів.

Збірний ріжучий інструмент відноситься до класу продукції, яка витрачає свій ресурс, до групи ремонтованих виробів. Для цієї групи виробів рекомендується оцінка таких основних показників: призначення, надійності, ергономічності, естетичності, технологічності, транспортабельності, уніфікації, патентно-правової, екологічної безпеки [159, 160].

Показники призначення характеризують ступінь відповідності виробу його цільовим призначенням, а також властивості, що визначають основні функції, для виконання яких виріб призначений. Показники призначення визначають і область застосування даного виробу.

Показники надійності характеризують властивість виробу виконувати задані функції протягом необхідного періоду часу, зберігаючи при цьому свої експлуатаційні характеристики. Показники надійності мають властивості:

надійність характеризує властивості об'єкта зберігати працездатність впродовж деякого напрацювання;

довговічність – це властивість об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану;

ремонт придатність – власність об'єкта підтримувати і відновлювати працездатність шляхом технічного обслуговування й ремонту;

збережуваність це властивість об'єкта зберігати у вказаних межах значень параметрів, що характеризують здатність об'єкта виконувати необхідні функції при зберіганні і після нього, а також при транспортуванні і після нього.

Ергономічні показники враховують комплекс гігієнічних, антропологічних, фізіологічних і психологічних властивостей людини, що проявляються у виробничих і побутових умовах.

Естетичні показники характеризують інформаційну виразність, раціональність форми, цілісність композиції, досконалість виробничого виконання і стабільність товарного вигляду виробу.

Показники транспортабельності характеризують властивості виробів, що обумовлюють оптимальний розподіл витрат матеріалів, засобів, праці і часу при підготовці виробництва та виготовлення, а також при експлуатації, ремонтів і утилізації.

Показники транспортабельності характеризують здатність продукції зберігати свою придатність в процесі транспортування, а також пристосованість до переміщення, що не супроводжується експлуатацією або використанням.

Показники уніфікації характеризують насиченість виробу уніфікованими, запозиченими і покупними складовими частинами, а також рівень уніфікації у порівнянні з іншими виробами.

Патентно-правові показники характеризують ступінь відновлення технічних рішень, використовуваних у продукції, їх патентний захист, а також можливість реалізації продукції у країні і за кордоном.

Екологічні показники характеризують рівень шкідливого впливу на навколишнє середовище у процесі експлуатації виробу.

Показники безпеки характеризують властивості виробу, що гарантують безпеку обслуговуючого персоналу і інших об'єктів при його експлуатації, обслуговуванні, транспортуванні і зберіганні.

Номенклатура умовно простих властивостей вибирається з урахуванням призначення і умов використання інструменту, а також вимог повноти, операційності, декомпозиції, ненадлишковості, мінімальності та вимірності.

У ряді випадків структуру властивостей має сенс впорядкувати у вигляді дерева. Така впорядкована схема, яка містить тільки найважливіші властивості для збірного інструменту представлена на рис. 4.1.

Властивості призначення і надійності тісно пов'язані. Підвищення продуктивності при інших рівних умовах призводить до зниження надійності. Продуктивність процесу різання (продуктивність по основному часу), безвідмовність і довговічність обумовлені одними і тими ж умовно простими властивостями: міцність і зносостійкість інструменту. Продуктивність ручних робіт (по допоміжному часу) пов'язана з ремонтпридатністю. У зв'язку з цим можливі два способи аналізу якості конструкції інструменту на стадії проектування: по продуктивності при постійній надійності і за показниками надійності при одній і тій же продуктивності. За умови дотримання вимоги операційності для аналізу якості інструменту в більшості випадків доцільно використовувати другий спосіб оцінки.

Властивості універсальності і гнучкості впливають на ремонтпридатність, обумовлюючи необхідність і час заміни інструменту або його елементів при зміні переходу обробки. Ергономічні та естетичні властивості також багато в чому визначають пристосованість інструменту до зміни і налагодження. Тому в трансформованій схемі для оцінки якості інструменту на стадії його проектування зазначені властивості враховуються в ремонтпридатності. Властивості уніфікації інструменту значно впливають на технологічність. Тому в трансформованій схемі властивості уніфікації враховані в трудомісткості.



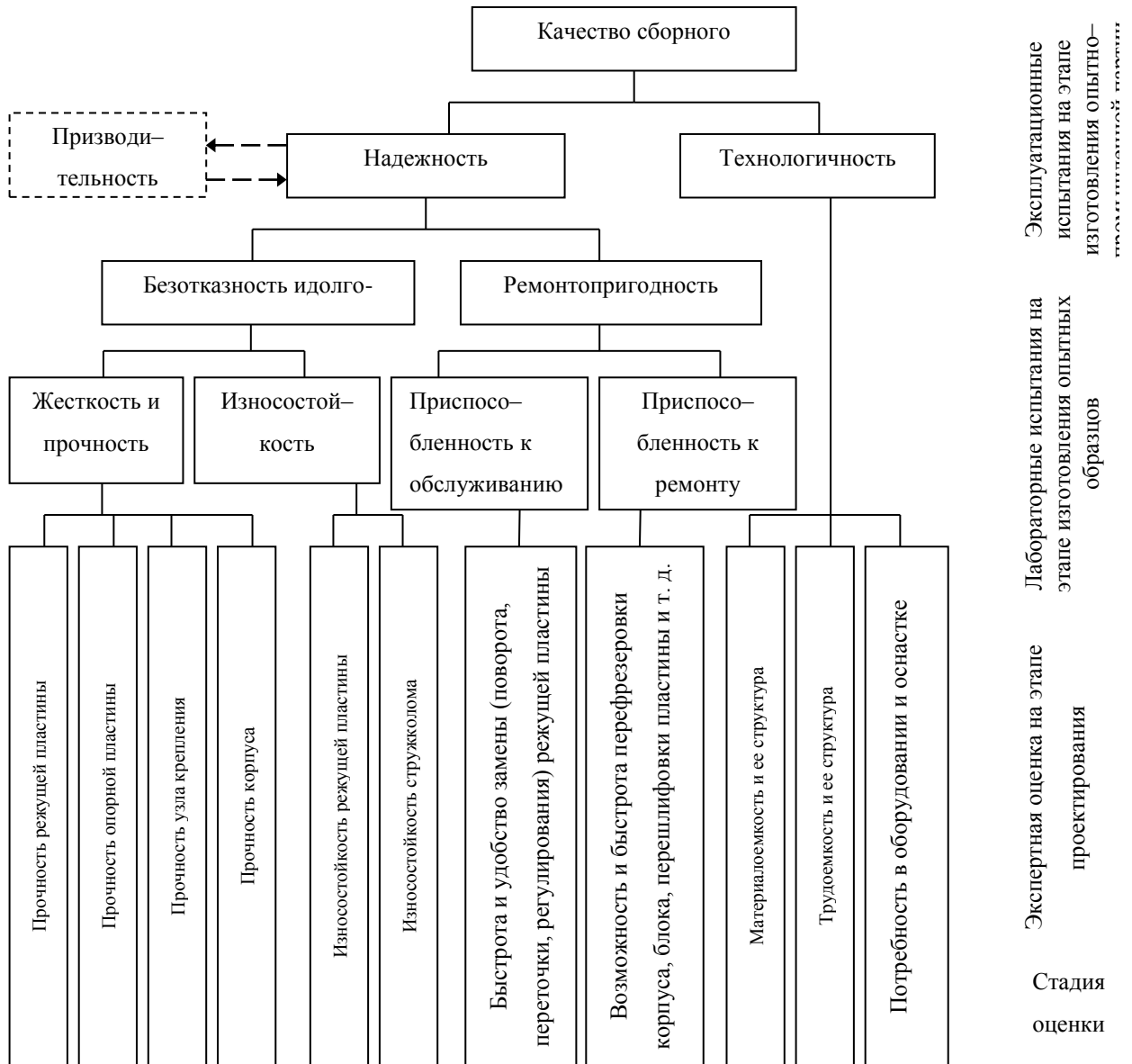


Рисунок 4.1 – Дерево влаивостей, які складають якість збірного інструменту [159]

Деякі влаивості, передбачені загальною методикою оцінки якості продукції, з метою зменшення числа врахованих влаивостей можна уявити як обмежувальні. Такою влаивістю, наприклад, є безпека, так як конструкція різця, що не забезпечує дроблення стружки і створює небезпеку для здоров'я верстатника, а на важких верстатах загрозу його життя, не може бути позитивно оцінена навіть за будь-яких інших переваг. Серійний випуск інструменту також неможливий без патентного захисту, який можна вважати обмежувальною влаивістю.

Слід зазначити, що встановлена номенклатура і структура властивостей, які складають якість інструменту, в чималому ступені залежать від виду інструменту, умов його застосування, цілей, методу і етапу оцінки якості.

#### **4.2 Показники якості змінних многогранних пластин у процесі їх експлуатації**

Вимоги до якості будь-якого виду продукції є об'єктом постійної уваги, як споживачів продукції, так і її виробників (розробників і виробників). Показники надійності продукції є одними з ключових елементів, що характеризують її якість.

Під надійністю розуміють – властивість виробу зберігати в установлених межах часу значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати необхідні функції в заданих режимах і умовах застосування, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання, транспортування та інших дій [161].

Надійність виробу – це комплексна властивість, яка в залежності від призначення і умов експлуатації може включати; безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість, стійкість роботи, режимну керованість, живучість і т. ін. Однак найчастіше при оцінці якості технічних виробів визначають значення таких одиничних показників властивостей, як безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність і збереженість.

Системне вивчення функціонування інструменту в реальних виробничих умовах з неминучістю призводить до розуміння того, що всі явища, пов'язані з процесами різання металів і тим більш - працею верстатника є стохастичними [162]. Тому центральне місце в теорії надійності різального інструменту займає вивчення законів розподілу стійкості ріжучого інструменту [163, 164].

Аналіз різних джерел, де розглядається стійкість різального інструменту, показує, що під терміном «стійкість» мають на увазі два терміни, що мають більш вузьке смислове значення: середній період стійкості і повний період стійкості різального інструменту.

Середній період стійкості різального інструменту – математичне очікування значення періоду стійкості різального інструменту [165].

Під відмовою розуміється неможливість подальшого здійснення різання, або досягнення одного з критеріїв, що визначають відмову (шорсткість поверхні, виникнення вібрацій, збільшення сили, вихід розмірів заготовки з поля допуску, досягнення гранично-допустимого зносу).

Повний період стійкості різального інструменту – сума періодів стійкості різального інструменту від початку різання новим інструментом до досягнення граничного стану [165].

У загальному випадку стійкість є властивість інструменту виконувати задані функції, зберігаючи експлуатаційні показники у заданих межах протягом певного проміжку часу або напрацювання.

Зіставлення наведених визначень стійкості з термінологією, запропонованою [166], дозволяє зробити висновок, що визначення середнього періоду стійкості відповідає характеристика надійності – напрацювання на відмову, а терміну повний період стійкості – ресурс працездатності. Залежно від того, яке з визначень стійкості приймається, інструмент можна розглядати як невідновлювальну систему, систему з відновленням або як систему з резервуванням.

В результаті численних досліджень розсіювання стійкості інструменту, вибору законів розподілу і їх трансформації, під впливом різних факторів, в роботах [163, 167, 164] в якості одного з головних показників надійності різального інструменту було запропоновано використовувати коефіцієнт варіації стійкості. Було встановлено, що для широкого діапазону умов він залежить від міцності інструменту і даний коефіцієнт обернено пропорційний числу періодів стійкості до руйнування.

В роботах О. В. Івченка [168, 169, 170], Г. П. Клименка [171] велика увага приділена таким показником безвідмовності інструменту як гамма-відсоткова стійкість. Було показано, що без його використання не можна правильно оцінити якість інструменту: з одного боку він більш тонко, ніж середня стійкість, реагує на

похибки виготовлення, а з іншого – на заходи з удосконалення матеріалу, конструкції або технології виготовлення інструменту.

Для визначення номенклатури показників надійності СМП скористаємося методикою, яка приведена в «Методика вибору норм надійності технічних пристроїв». СМП можуть бути розбиті на чотири групи по основних характерних ознак їх експлуатації (групи призначення).

Група 1 – СМП загального призначення, що працюють в умовах значної невизначеності параметрів процесу (чорнова обробка, універсальне устаткування і т. Д.).

Група 2 – СМП, які використовуються в процесах, що мають певні обмеження (автоматизоване виробництво, чистова обробка і т. ін.).

Група 3 – СМП, які використовуються на операціях чистової обробки.

Група 4 – СМП для прецизійної обробки і СМП, поломка яких приводить в непридатність заготовку.

За характером навантаження СМП можна розбити на дві експлуатаційні групи.

Група 1 – СМП, експлуатовані в широкому діапазоні навантажень, і

Група 2 – СМП, експлуатовані в вузькому діапазоні навантажень. До першої групи відносять інструмент оснащений СМП загального призначення, експлуатований, в основному, на універсальному обладнанні. До другої групи відносять спеціальний інструмент оснащений СМП, проєктований для певної операції.

Однак характер навантаження накладає вимоги на форму, в якій нормований показник доцільно застосовувати. Для першої експлуатаційної групи нормовані показники зручно представити як функцію від навантажувальних факторів (параметричний показник):

$$\bar{T}\{T_p; P(T)\} = f(x_1; x_2; \dots, x_n), \quad (4.1)$$

де  $x_1; x_2; \dots, x_n$  – фактори.

Для другої експлуатаційної групи нормовані показники надійності доцільно представити у вигляді поодиноких стійкісних показників.

Таким чином, призначення норм стійкості для переважної більшості інструментів проводиться шляхом побудови функції [1]

$$T[\text{или}T_p, P(T)] = f(a_1, \dots, a_2, \dots, a_n; \epsilon_1, \epsilon_2, \dots, \epsilon_n). \quad (4.2)$$

де  $a_1, a_2, \dots, a_n$  – константи, які визначають шляхом обробки табличних даних нормативів по режимах різання.

Після попереднього призначення норми надійності періодично проводиться коригування з урахуванням технічного вдосконалення. Для цього будується залежність значення нормованого показника від часу з подальшою екстраполяцією їх до найближчих контрольних випробувань.

### **4.3 Методи оцінки якості промислової продукції**

#### **4.3.1 Диференціальний метод**

Диференціальний метод оцінки технічного рівня (ТР) виробів полягає в зіставленні одиничних показників якості оцінюваних виробів з відповідними показниками базового зразка. При цьому визначають, чи досягає якість оцінюваного виробу якості базового зразка в цілому; які одиничні показники оцінюваного виробу перевершують або не відповідають показникам якості базового зразка, а також на скільки відрізняються один від одного аналогічні одиничні показники властивостей.

Диференціальний метод оцінки якості технічних виробів (технічного рівня виробів) є в першу чергу кваліфікаційний метод, який дозволяє оцінювати вироби за такими категоріями якості як «перевершує», «відповідає» або «не відповідає» певному (наприклад, світовому) рівню якості аналогічних виробів, У той же час при диференціальному методі оцінки технічного рівня (якості) промислової продукції

кількісно оцінюються окремі властивості виробів, що дозволяє приймати конкретні рішення по управлінню якістю даної продукції.

При диференціальному методі оцінки ТР машинобудівної продукції розраховують окремі відносні показники рівня якості продукції, що оцінюється  $Y_{ki}$  по формулах виду:

$$Y_{ki} = \frac{P_i}{P_{i \text{ баз}}}, \quad (4.3)$$

або

$$Y_{ki} = \frac{P_{i \text{ баз}}}{P_i}. \quad (4.4)$$

де  $P_i$  – значення  $i$ -го показника якості продукції що оцінюється;

$P_{i \text{ баз}}$  – значення  $i$ -го показника якості базового зразка;

$n$  – кількість прийняті для оцінки показників якості ТУ.

Формулу (4.3) використовують тоді, коли збільшення абсолютного значення показника якості відповідає поліпшенню якості виробів. Так, наприклад, відносні показники продуктивності, потужності, коефіцієнта корисної дії, терміну служби обчислюють за формулою (4.3), так як збільшення такого одиничного показника ТУ вказує на поліпшення якості виробу.

В інших випадках, коли збільшення абсолютного значення показника характеризує погіршення якості продукції, для розрахунку відносного значення показника використовують формулу (4.4). По цій формулі зазвичай обчислюють відносні значення таких показників, як матеріаломісткість; витрата матеріалів, палива, енергії; вміст шкідливих домішок у відходах; трудомісткості; параметра потоку відмов і ін.

За результатами розрахунків відносних значень показників ТР виробів і їх аналізу дають такі оцінки:

– рівень якості, машинобудівної продукції, що оцінюється вище або дорівнює рівню базового зразка, якщо всі значення відносних показників відповідно більше або дорівнюють одиниці;

– рівень якості продукції, що оцінюється нижче рівня базового зразка, якщо всі значення відносних показників менше одиниці.

У тих випадках, коли частина відносних показників більше або дорівнює одиниці, а інша частина менше одиниці, тобто коли є певна невизначеність в оцінці якості продукції, то слід використовувати впершу чергу наступну методику. Необхідно всі відносні показники розділити по значимості на дві групи. Впершу (основну) групу треба включити показники, що характеризують найбільш суттєві властивості, а в другу - другорядні. Якщо виявиться, що в першій групі всі відносні показники більше або рівні одиниці, то можна прийняти, що рівень якості оцінюваного виробу не нижче ТР базового зразка.

Технічний рівень оцінюваних виробів, для яких істотно важливе значення кожного з розглянутих показників, визнається нижче ТР базового зразка, якщо хоча б один з відносних показників менше одиниці.

Для більш точної і більш інформативною оцінки ТР будують діаграму зіставлення показників якості (циклограму), на якій наочно видно, за яким показником слід приймати управлінські та технічні рішення.

#### 4.3.2 Метод комплексної оцінки рівня якості

Комплексна оцінка рівня якості передбачає використання комплексного (узагальнюючого) показника якості. Цей метод застосовують в тих випадках, коли найбільш доцільно оцінювати ТР складних виробів тільки одним числом. Необхідність об'єднання сукупності одиничних показників з метою отримання одного комплексного визначається чисто практичними завданнями.

Узагальнений показник являє собою функцію, залежну від одиничних показників, які характеризують однорідну групу властивостей. До таких груп показників відносяться, наприклад, показники надійності, естетичності, безпеки і т. ін.

Узагальнюючим показником якості може бути:

– головний, найбільш значущий одиничний показник, що відображає основне призначення виробу;

- середньозважений комплексний показник;
- інтегральний показник якості.

В якості комплексного (узагальненого) показника часто використовують один, але головний показник, що відображає, наприклад, функціональні можливості і призначення продукції. Комплексний характер головного одиничного показника може бути не виражений в явному вигляді. Комплексний показник якості повинен відповідати кільком вимогам:

1 Репрезентативність – представленість в ньому всіх основних характеристик виробу, за якими оцінюється його якість.

2 Монотонність зміни комплексного показника якості виробу при зміні будь-якого з одиничних показників якості при фіксованих значеннях інших показників.

3 Критичність (чутливість) до варійованих параметрів. Ця вимога полягає в тому, що комплексний показник якості повинен узгоджено реагувати на зміну кожного з одиничних показників. Комплексний показник є функцією оцінок всіх одиничних показників, а його чутливість визначається першою похідною цієї функції. Значення комплексного показника повинно бути особливо чутливо в тих випадках, коли який-небудь одиничний показник виходить за допустимі межі. При цьому комплексний показник якості повинен значно зменшити своє чисельне значення.

4 Нормування – чисельне значення комплексного показника укладеного між найбільшим і найменшим значенням відносних показників якості. Ця вимога нормувального характеру зумовлює розмах шкали вимірювань комплексного показника.

5 Порівняльність результатів комплексної оцінки якості забезпечується подібністю методів їх розрахунків, в яких поодинокі показники повинні бути виражені в безрозмірних величинах.

Рівень якості для комплексного метода визначається відношенням узагальненого показника якості продукції  $Q_{оц}$  до загального показника базового зразка  $Q_{баз}$ :



$$y_k = \frac{Q_{оц}}{Q_{баз}}. \quad (4.5)$$

Комплексну оцінку за середньозваженим показником якості продукції застосовують у тих випадках, коли важко або неможливо визначити головний, узагальнений показник якості та його функціональну залежність від вихідних показників якості. Зазвичай використовують середньозважений арифметичний або середньозважений геометричний показник якості.

Вид (формулу) середнього зваженого показника і значення параметрів (коефіцієнтів) вагомості повинні підбиратися так, щоб вони найкращим чином відповідали цілям оцінки якості та управління ними, тобто при цьому має виконуватися так звана умова спроможності.

Часто ні диференційний, ні комплексний методи оцінки рівня якості складної продукції не дають можливості адекватно оцінити якість виробів, обладнання та іншої техніки. При оцінці якості і технічного рівня складної технічної продукції, що має велику номенклатуру показників якості, за допомогою диференціального методу практично неможливо зробити строго обґрунтований висновок. Використання тільки одного комплексного методу в такому випадку теж не дозволяє об'єктивно врахувати всі значимі властивості оцінюваної продукції. Тому при оцінці технічного рівня і якості складної і особливо багатофункціональної технічної продукції використовують змішаний метод, заснований на спільному застосуванні одиничних і комплексних (групових) показників якості. Отже, при змішаному методі оцінки рівня якості виробів одночасно використовують диференційний і комплексний методи.

#### 4.3.3 Змішані методи оцінки якості продукції

Змішаний метод оцінки рівня якості технічної продукції використовують у всіх випадках, коли:

- одиничних показників якості досить багато, вони різноманітні, а аналіз значень кожного показника важкий, що не дає можливості зробити узагальнюючий висновок про якість та технічний рівень продукції;

– узагальнюючий показник рівня якості, який визначається комплексним методом, недостатньо повно враховує всі значущі властивості продукції і тому не адекватно характеризує якість аналізованих виробів.

Сутність змішаного методу і послідовність дій полягають у наступному.

Всі або частина одиничних показників якості об'єднують в групи, для яких визначають груповий (комплексний) показник. Об'єднання одиничних показників в групи проводиться в залежності від мети оцінки якості: при проектуванні і конструюванні виробів, при виготовленні і на різних етапах експлуатації. Найбільш значимі і характерні одиничні показники можна в групі не включати, а розглядати їх поряд з груповими.

Чисельні значення отриманих групових (комплексних) показників і самостійно врахованих одиничних показників зіставляють з відповідними базовими показниками, тобто застосовують принцип диференціального методу оцінки рівня якості продукції.

При змішаному методі оцінку рівня якості технічної продукції розраховують за формулою:

$$Y_k = \sum_{i=1}^n \frac{P_i}{P_{i \text{ баз}}} : n + \frac{Q}{Q_{\text{баз}}}, \quad (4.6)$$

або

$$Y_k = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \frac{P_i}{P_{i \text{ баз}}} + \frac{U}{U_{\text{баз}}}, \quad (4.7)$$

або

$$Y_k = \sum_{i=1}^n m_i \cdot \frac{P_i}{P_{i \text{ баз}}} + \frac{V}{V_{\text{баз}}}, \quad (4.8)$$

де  $n$  – кількість окремих показників враховані самостійно;

$m_i$  – параметр (коефіцієнт) вагомості  $i$ -го показника якості оцінка (властивості).

Показник  $Y_k$ , отриманий змішаним методом оцінки якості продукції, є узагальненим і комплексним одночасно.

#### 4.3.4 Метод інтегральної оцінки рівня якості продукції

Інтегральний показник рівня якості оцінюваного виробу знаходять як частка від ділення значення інтегрального показника якості оцінюваного виробу на відповідне; базове значення, тобто

$$Y_{ин} = \frac{P_{ин}}{P_{ин.баз}}. \quad (4.9)$$

Інтегральним показником якості  $P_{ин}$  називається підсумковий комплексний показник, що характеризує в найбільш загальній формі ефективність роботи виробу.

Підсумковим показником рівня якості продукції, в тому числі і технічного рівня промислових виробів, може бути не тільки інтегральний показник, але і узагальнений або комплексний, що враховує декілька різних по суті показників, а також і головний (визначальний) показник. Підсумковий показник – це показник, за яким дається загальна оцінка рівня якості продукції, яка досліджується.

Інтегральний показник якості приймають для розрахунку  $Y_{ин}$  тоді, коли встановлений сумарний корисний ефект від експлуатації та сумарні витрати на створення і експлуатацію виробу. Інтегральний показник якості є комплексний показник у вигляді відношення сумарного корисного ефекту від експлуатації до сумарних витрат на його створення, придбання, монтаж у споживача і наладку і т. ін. Його розраховують або як відношення сумарного корисного ефекту, вираженого в натуральних одиницях виміру,  $W$  від експлуатації виробу до витрат на її створення і експлуатацію за весь термін служби:

$$P_{ин} = \frac{W}{(K_c + Z_3)}, \quad (4.10)$$

як зворотне відношення витрат до корисного ефекту:

$$P_{ин} = \frac{(K_c + Z_3)}{W}, \quad (1.11)$$

де  $W$  – корисний ефект, тобто кількість одиниць продукції або виконаної виробом роботи за весь термін експлуатації виробу, наприклад, число вироблених заготовок або деталей і т. ін.;

$K_c$  – сумарні капіталовкладення, що включають оптову ціну, а також витрати на установку, наладку і інші роботи;

$Z_3$  – експлуатаційні витрати за весь термін служби виробу.

Очевидно, що в першому випадку інтегральний показник якості характеризується корисним ефектом, а саме в одну грошову одиницю сумарних витрат, а в другому – сумою витрат в гривнях (або в інших грошових одиницях), що припадають на одиницю корисного ефекту.

Наведені вище формули (4.10) і (4.11) придатні для визначення інтегрального показника якості виробу по строкам служби до одного року. При терміні служби виробу більш одного року інтегральний показник якості  $P_{ин}$  розраховують за формулою:

$$P_{ин} = \frac{W}{K_c \phi(t) + Z_3}, \quad (4.12)$$

де  $\phi(t)$  – поправочний коефіцієнт, що залежить від строку служби продукту,  $t$  років.

Коефіцієнт  $\phi(t)$  розраховують за формулою є

$$\mathcal{E}_Г = (C'_{u1} - C'_{u2}) \cdot N_Г - E_н K_9. \quad (4.13)$$

$$\phi(t) = \frac{E_n (1 + E_n)^{t-1}}{(1 + E_n)^t - 1}. \quad (4.14)$$

де  $E_n$  – нормативний коефіцієнт окупності капіталовкладень, зазвичай приймається рівним 0,15.

Розрахунок інтегрального показника по формулі (4.12) справедливий при наступних умовах:

- щорічний ефект від експлуатації або споживання продукції з року в рік залишається однаковим;
- щорічні експлуатаційні витрати теж однакові;
- термін служби складає ціле число років.

Дещо спрощено, коли невідомий термін експлуатації виробу, розраховують за такою формулою:

$$P_{ин} = \frac{W}{K_c (1 + E_n)^t + 3_э}. \quad (4.15)$$

Тут величина коефіцієнта приймається в залежності від прийнятого нормативного терміну використання оцінюваного виробу.

#### 4.3.5 Економічна оцінка якості продукції

Відомо, що ефективність продукції є однією з найважливіших узагальнених характеристик її якості. Чим більше економічна ефективність використання оцінюваної продукції, тим якісніше вона в порівнянні з іншою аналогічною продукцією.

У найпростішому випадку економічний ефект  $E$  дорівнює різниці між результатом економічної діяльності  $P$  і сумарними витратами  $З$  на його отримання, тобто

$$Э = P - З. \quad (4.16)$$

Інакше кажучи, економічний ефект у вигляді прибутку  $\Pi$  складається з доходу  $D$  за вирахуванням витрат  $Z$ .

Для виробника продукції

$$\Pi_{\Pi} = C_{opt} \cdot V - Z_{\Pi}, \quad (4.17)$$

де  $C_{opt}$  – оптова ціна продукції,

$V$  – кількість (об'єм) реалізованої продукції,

$Z_{\Pi}$  – затрати на виробництво продукції.

Для споживача, який експлуатує техніку

$$\Pi_{\text{з}} = C \cdot N - C_n = C \cdot N - (C_{np} + Z_{\text{з}}), \quad (4.18)$$

де  $C$  – ціна (вартість) одиниці корисного ефекту від експлуатації продукції;

$N$  – кількість продукції, що випускається або виконаної роботи;

$C_n$  – ціна споживання, яка дорівнює ціні продажу (купівлі)  $C_{np}$  і експлуатаційних витрат  $Z_{\text{з}}$ .

Сумарний прибуток або сумарний економічний ефект в грошовому вираженні дорівнює

$$\Pi = \Pi_{\Pi} + \Pi_{\text{з}}. \quad (4.19)$$

Рівень якості продукції, що оцінюються  $Y_{к.э}$  для економічної ефективності обчислюється шляхом простої формули

$$Y_{к.э} = \frac{\Pi}{\Pi_{\text{баз}}}, \quad (4.20)$$

де  $P$  – економічний ефект або загальний прибуток від продукції, яка оцінюється;  
 $P_{\text{баз}}$  – те ж від базової продукції.

З іншого боку, інтегральний показник якості продукції і відповідний показник рівня якості, який техніко-економічний, можуть бути перетворені в економічні показники, якщо відома вартість продукції і ціна її корисності, тобто споживча вартість. У такому випадку інтегральний економічний показник виробництва якісної продукції можна обчислити за формулою:

$$\mathcal{E}_{\text{инт.н}} = \frac{C \cdot V}{Z_{\text{п}}}. \quad (4.21)$$

Аналогічний показник, інтегрально характеризує якість в сфері експлуатації (споживання), за іншою формулою:

$$\mathcal{E}_{\text{инт.н}} = \frac{C \cdot N}{C_{\text{пр}} \cdot V + Z_{\text{э}}}. \quad (4.22)$$

Облік витрат при визначенні економічної оцінки якості продукції здійснюють по відношенню до всіх основних стадій життєвого циклу продукції.

Відзначимо, що до витрат на виробництво продукції входять витрати на прикладні НДР на проектування і конструювання, тощо. В експлуатаційні витрати включають прямі і супутні витрати, наприклад, на дотримання вимог безпеки та економічності продукції, а також, при необхідності, враховують витрати на знищення або утилізацію продукції.

Узагальнену економічну оцінку якості продукції, особливо через грошову одиницю виміру, отримати досить складно, так як для цього потрібна велика кількість відомостей, зазвичай не враховуються і тому невідомих. Однак такий підхід до оцінки якості продукції є і використовується там, де це можливо здійснити.

#### 4.3.6 Метод експертної оцінки рівня і показників якості продукції.

«Експерт» – це фахівець, компетентний у вирішенні даного завдання (від латинського слова «*expertus*» – досвідчений). Експертний метод вирішення завдань заснований на використанні повідомленого досвіду і інтуїції фахівців-експертів. Експертний метод оцінки рівня якості технічної продукції використовується в тих випадках, коли неможливо або дуже важко застосувати методи об'єктивного визначення значень одиничних або комплексних показників якості такими методами як інструментальний, емпіричний або розрахунковий.

Експертні методи оцінки якості продукції можуть використовуватися при формуванні відразу загальної оцінки (без деталізації) рівня якості продукції, а також при вирішенні багатьох приватних питань, пов'язаних з визначенням показників якості чого-небудь.

Експертний метод оцінки рівня якості продукції не може бути використаний, якщо якість можна оцінити іншими аналітичними або експериментальними методами з більшою точністю або з меншими витратами.

Експертна оцінка якості продукції в цілому є попередньою, ненасиченою інформаційно і тільки в першому наближенні, орієнтовно характеризує якість оцінюваного виробу. На основі такої експертної оцінки якості, очевидно, немає можливості приймати будь-які інженерно-технічні рішення. Цей метод може, наприклад, використовуватися при комерційних угодах, коли немає конкретних (чисельно виражених) відомостей про рівень якості придбаної продукції і т. ін.

Однак слід зазначити, що експертний метод для оцінки багатьох показників якості технічної та іншої продукції є єдино можливим, застосовується досить широко і для цього розроблені відповідні методики.

Критерії, за якими здійснюється експертиза якості, поділяються на загальні і конкретні.

До загальних критеріїв відносяться ціннісні орієнтири, які склалися в суспільстві, уявлення і норми. Конкретні критерії для експерта – це реальні вимоги до якості продукції даного виду, встановлені в нормативно-технічних та інших



обов'язкових для виконання документах. У формі конкретних критеріїв виступає також комплекс базових значень показників якості, які характеризують плановану або проєктовану продукцію. Характеристики реально існуючих високоякісних виробів, що виготовляються в країні або за кордоном, теж є конкретними критеріями для експертів.

Для оцінки рівня якості продукції створюється експертна комісія, що складається з експертної та робочої груп.

В експертну групу включаються висококваліфіковані і спеціально підготовлені працівники в області створення і функціонування оцінюваної продукції: дослідники, конструктори, технологи, дизайнери, товарознавці, економісти і т. ін. Число експертів, які входять в групу, залежить від необхідної точності середніх оцінок і має становити від семи до двадцяти чоловік. При заочному опитуванні верхня межа кількості опитуваних експертів не обмежується.

Експертний метод «комісій» полягає в тому, що в ньому використовується як би голосування. Спочатку експерти виставляють оцінки незалежно один від одного. Потім, після відкритого обговорення виставлених оцінок, експерти знову незалежно один від одного дають оцінки кожному параметру якості. Згодом за скоригованими індивідуальним оцінками розраховують експертну оцінку. Цю роботу проводить робоча група експертної комісії. Крім того, робоча група організовує процедуру опитування експертів, аналізує отримані результати і складає висновок експертної комісії.

Перелік і послідовність основних етапів роботи експертної комісії полягає в наступному:

- призначення осіб, відповідальних за організацію і проведення робіт по експертній оцінці якості продукції;
- формування експертної і робочої груп;
- розробка класифікації та визначення номенклатури показників якості оцінюваної продукції;
- підготовка анкет і пояснювальних записок для опитування експертів;

- оцінка і опитування експертів;
- обробка експертних оцінок;
- аналіз і оформлення результатів експертної оцінки якості (або показників якості) продукції.

У практиці експертної оцінки якості, зокрема при експертній оцінці споживчих властивостей продукції в основному застосовуються комплексна і оперативна експертизи.

Комплексна експертиза проводиться для всебічного вивчення та оцінки якості груп однорідних виробів, що випускаються промисловістю серійно. У зв'язку з цим під час експертизи реалізують системний, комплексний підхід до аналізу й оцінки продукції. При комплексній експертизі отримують не тільки більш повну характеристику оцінюваного об'єкта, але і певний науковий, методичний та нормативний матеріал, який використовується при проведенні інших видів експертизи.

Оперативна експертиза ґрунтується з даних, отриманих при проведенні попередніх комплексних експертиз. Цей прийом дозволяє істотно скоротити обсяг і терміни експертних робіт при достатній глибині і обґрунтованості експертних висновків.

При експертному методі оцінку рівня якості або показника тієї чи іншої властивості продукції визначають в безрозмірних одиницях. У разі, якщо результат оцінки (експертного вимірювання) якості експерти представляють у вигляді рангового ряду, то чисельне визначення оцінок експертів полягає в наступному:

Всі об'єкти оцінки (вироби, властивості) нумеруються довільно.

Експерти ранжирують об'єкти за шкалою порядку.

Ранжирувані ряди об'єктів, складені експертами, зіставляються.

Визначаються суми рангів кожного з об'єктів експертної оцінки,

На підставі отриманих сум рангів будують узагальнений ранжувальний ряд.

Узагальнені експертні оцінки якості розглянутих об'єктів експертизи, тобто коефіцієнти їх вагомості, розраховуються за формулою:

$$g_i = \frac{\sum_{j=1}^n Q_{i,j}}{\sum_{i=1, j=1}^{n,m} Q_{i,j}}, \quad (4.23)$$

де  $n$  – кількість експертів;

$m$  – число оцінювальних показників;

$Q_{i,j}$  – коефіцієнт вагомості  $j$ -го показника в рангах (балах), який дав  $i$ -тий експерт.

Аналізуючи отримані експертним методом оцінки якості, можна не тільки вказати, який об'єкт краще або гірше інших, але і на скільки.

При експертизі якості продукції найбільш часто використовують бальні оцінки, які даються безпосередньо експертами або виходять в результаті формалізації процесу оцінки. Ця формалізація буває евристичною або експериментальною.

Безпосереднє призначення бальних оцінок проводиться експертами незалежно один від одного або в процесі обговорення. Кількість балів в прийнятій оціночній шкалою може бути різним. Для оцінки показників якості зазвичай використовують п'яти-, семи- або десятибальну шкали.

Узагальнений показник якості, який визначається експертним методом за бальною системою обчислень, знаходять як середнє арифметичне значення оцінок, поставлених усіма експертами, тобто обчислюють за формулою:

$$K_{\text{екс}} = \frac{\sum_{i=1}^a Q_i}{a}, \quad (4.24)$$

де  $a$  – кількість експертів;  $Q$  – оцінки в балах, які поставили експерти.

Якщо під час експертизи якості оцінку (опитування) проводять в декілька турів, то в цьому випадку значення показника якостей; визначають як середньоарифметичне значення оцінок, отриманих в кожному турі опитування експертів за виразом:

$$K'_{\text{екс}} = \frac{\sum_{i=1}^m K_{\text{екс}.i}}{m}, \quad (4.25)$$

де  $K_{\text{екс}.i}$  – значення показників якості, яке отримане в кожному турі;  
 $m$  – число турів опитування.

Експертним методом часто користуються при виборі техніки, представленої декількома підприємствами на тендерні конкурси (торги).

Існує так званий соціологічний метод оцінки якості продукції. Цей метод, як і експертний, заснований на опитуваннях, на думках, але не спеціальних експертів, а різних споживачів продукції, що оцінюється. Тому соціологічний метод вважається різновидом експертного. Соціологічний метод визначення значень показників якості продукції є по суті маркетинговим і здійснюється з допомогою не експертів, а фактичних або потенційних споживачів продукції. Збір думок споживачів проводиться опитуванням або за допомогою розповсюдження і заповнення спеціальних анкет-запитальників, а також шляхом організації конференцій, виставок, аукціонів, дослідно-показовою експлуатації і т. ін.

#### **4.4 Дослідження питань нормалізації вимог щодо якості металорізального інструменту на всіх етапах його життєвого циклу**

За останні роки значно збільшились номенклатура та питома вага серед оброблюваних різними технологічними способами (литтям, механічною обробкою (тиском та різанням), зварюванням, термічною обробкою та ін.) матеріалів (металів і їх сплавів з особливими властивостями (нових нержавіючих, високотвердих та високоміцних, жароміцних тощо), а також різного роду неметалічних матеріалів, у т.

ч. композиційних) для значної більшості з яких треба виконувати процедуру визначення оптимальних умов оброблення у зв'язку з їх відсутністю у вигляді затверджених нормативів, рекомендацій, інструкцій та ін., що потребує, як правило, значних людських, матеріальних і часових витрат на проведення відповідних досліджень.

Виготовлення продукції або надання послуг машинобудівним підприємством (далі МП) у відповідній галузі народного господарства України потребує використання певного інструменту, оснащення, пристроїв, які визначені технологією виготовлення відповідних виробів. Більш того, в умовах швидкозмінних вимог споживачів особливою метою будь-якого МП стає виконання стратегії «бути швидше», що залежить від гнучкості виробництва, тривалості впровадження нової продукції у виробництво та ін. За останні роки значно збільшилась кількість (питома вага) багатомініклатурних виробництв, як правило, з індивідуальним та дрібносерійним типами організації роботи. Основними особливостями цих підприємств в частині організації їх інструментальної підготовки (далі ІП) є те, що виготовлення оснащення та інструментів «своїми» силами, тобто шляхом їхнього вироблення в інструментальних та інших цехах, навіть у тих випадках, коли вони вже є, стає настільки нерентабельним, що може не тільки значно знижувати конкурентну спроможність продукції всього виробництва, але супроводжуватись його банкрутством.

Одним з ефективних шляхів вирішення цієї проблеми є організація ІП виробництва зі значним збільшення питомої ваги покупних інструментів та технологічного оснащення, які виготовляються спеціалізованими підприємствами. Тому розробка принципів організації ІП виробництва машинобудівного підприємства в частині закупки різального інструменту та технологічного оснащення є задачею актуальною й своєчасною.

В роботі проведено дослідження вимог нормативних документів стосовно питань якості металорізального інструменту, а саме розглянуто питання нормування вимог щодо: 1) якості інструментального матеріалу; 2) додержання геометричних

параметрів інструменту; 3) перевірка на міцність конструкцій інструменту; 4) нормування та визначення показників надійності інструменту; 5) методів вхідного та вихідного контролю показників якості інструменту та інше.

Для систематизації результатів досліджень запропоновано реєстр нормативних документів, що регламентують якість металорізального інструменту на різних стадіях його життєвого циклу, який представлено у вигляді табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Реєстр нормативних документів (фрагмент) [172]

	Назва НД	Вид інструменту <sup>1</sup>					Об'єкт нормування <sup>2</sup>	Примітки (Посилання)
		Ф	С	Р	П	р.л.		
1	ГОСТ 19086-80 Пластины сменные твёрдосплавные многогранные. Технические условия				•		1, 2, 3, 4, 5	ГОСТ 3882-74 ГОСТ 4872-75
2	ГОСТ 9305-93 (ИСО 3860-76) Фрезы фасонные полукруглые выпуклые, вогнутые и радиусные. Технические условия	•					2, 3, 5, 6, 7	Необхідно проводити натурні випробовування
3	ГОСТ 17277-71 Сверла спиральные цельные твёрдосплавные. Технические условия		•				2	Необхідно проводити натурні випробовування
156	ГОСТ 18064-72 Резцы расточные цельные твёрдосплавные со стальным хвостовиком. Технические условия			•			6	Необхідно проводити натурні випробовування

1 Ф – фрези; С – свердла; Р – різці; П – пластини, р.л. – різальне лезо.

2 1 – матеріал різальної частини; 2 – дефекти різальної частини;

3 – шорсткість; 4 – лінійні та кутові розміри; 5 – показники надійності;

6 – випробовування на працездатність; 7 – твердість.

За результатами досліджень встановлено, що на цей час відсутні:

– однозначно визначенні показники, що регламентують якість покупного металорізального інструменту, які б у повній мірі відповідали вимогам до нього в залежності від специфічних особливостей підприємства (конкретний оброблюваний матеріал, тип і стан обладнання, кваліфікація персоналу тощо);

– нормалізовані (стандартизовані) методи визначення показників їх якості (мається на увазі металорізального інструменту, а не якості послуг постачальників), які б були признані як з боку покупця, так й з боку постачальника (виробника цього інструменту).

#### **4.5 Імітаційне моделювання процесу різання**

Моделювання технологічних процесів взагалі і процесу різання зокрема активно розвивається в даний час. Розвиток комп'ютерної техніки відкрило широкі можливості імітаційного моделювання робочих процесів механічної обробки методом кінцевих елементів. З 1998 року організація CIRP щорічно проводить конференції «CIRP International Workshop on Modeling of Machining Operations», де розглядаються сучасні досягнення в провідних лабораторіях світу в області моделювання процесів механічної обробки різанням.

Аналіз публікацій показав, що напрямки сучасних досліджень в області моделювання процесів різання можна класифікувати, за трьома напрямками:

– створення моделей і дослідження їх точності. Роботи цього напрямку присвячені теоретичним аспектам створення моделей ПР, в основному, кінцево-елементних;

– дослідження робочих процесів. Роботи цього напрямку присвячені дослідженню конкретних робочих процесів різних видів обробки різанням за допомогою раніше розроблених і випробуваних моделей. Основною метою, яка переслідувалася в роботах цього напрямку, було виявлення на основі моделювання нових, раніше невідомих закономірностей робочих процесів;

– оптимізація робочих процесів. Роботи в цьому напрямку мали на меті пошук оптимальних параметрів робочих процесів в заданих умовах.

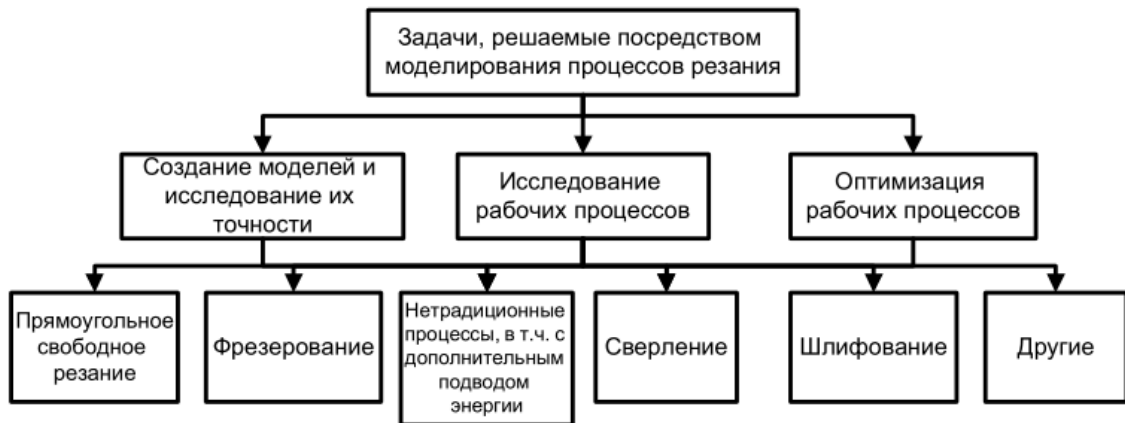


Рисунок 4.2 – Класифікація сфери досліджень [161]

Кожен з напрямків активно розвивається і містить декілька тем, особливо актуальних в даний час. Про це свідчить досить велика кількість публікацій. У напрямку створення моделей були розглянуті теми:

- геометричне моделювання процесів;
- моделювання нетрадиційних процесів;
- моделювання зношування ріжучого інструменту;
- моделювання освіти елементної стружки, у т. ч. адіабатичним зрушенням при високих швидкостях різання;
- визначення моделей матеріалу і тертя;
- моделювання 3D робочих процесів.

Вивченню аспектів 5 і 6 теми з наведеного списку присвячено найбільше кількість робіт, що вказує на велику актуальність вирішення проблеми створення достовірних і застосовних в широких межах моделей матеріалу і тертя, а також створення теоретичної бази для моделювання 3D робочих процесів різання.

У напрямку дослідження робочих процесів були представлені результати досліджень:

- зони стружкоутворення при високих і ультрависоких швидкостях різання;
- оброблюваності важкооброблюваних матеріалів;
- точності обробки;
- утворення задирок;



- теплових полів в зоні різання, в т. ч. при шліфуванні;
- впливу СОТС на процес різання;
- залишкових напружень обробленої поверхні;
- динаміки і стійкості процесу різання, в тому числі і в замкнутій технологічній системі;
- мікрорізання і різання з малими відносинами  $a / r$ .

Чим більше номер теми в наведеному списку, тим більше доповідей по ній було зроблено. Видно, що питання дослідження динаміки процесу різання, особливо в замкнутій технологічній системи «верстат - пристосування - інструмент - деталь, а також різання з малими товщинами зрізу є найцікавішими для світових наукових шкіл.

У напрямку оптимізації робочих процесів можна виділити п'ять тем:

- оптимізація ріжучого інструменту по міцності;
- оптимізація 5-ти осьової обробки;
- оптимізація ріжучого інструменту при умові стружкодроблення;
- оптимізація керуючих програм для ЧПУ;
- оптимізація процесів різання з додатковим підведенням енергії.

Слід зазначити, що п'ята тема досліджень є однією з найбільш популярних в даний час, що пов'язано з розвитком лазерної техніки і нових систем генерації механічних коливань і викликано необхідністю підвищення продуктивності обробки.

#### **4.6 Висновок**

За результатами досліджень методів оцінки якості було встановлено, що вони залежить від цілей і етапу цієї оцінки. Так, для атестації інструменту можна застосовувати диференційний метод, який полягає в зіставленні якості оцінюваного інструменту з якістю базового зразка за одиничними показниками.

Для вибору декількох кращих варіантів нового інструменту на стадії перед проектним аналізом доцільно застосовувати комплексний метод оцінки за спрощеною згортку одиничних показників з вагами, установленими експертами.

Для вибору найкращого варіанту за результатами випробувань дослідних зразків бажано використовувати метод оцінки за спрощеною цільовою функцією. Цільовою функцією (ЦФ) називають рівняння зв'язку комплексного показника з одиничними, отримане на основі експерименту або теоретичного аналізу фізичних або інших закономірностей. Ці зв'язки ближче до реальних, ніж, наприклад, зв'язку, встановлені експертами. Вони враховують велику кількість залежностей.

## ВИСНОВКИ

В роботі вирішена актуальна науково-прикладна задача вдосконалення нормативного забезпечення процесів управління й оцінки якості ІПВ 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 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 ІПВ. Доведено можливість застосування запропонованої моделі на будь-якому машинобудівному підприємстві.

2. Запропоновано критерії вибору раціональних методів прогнозування витрат на процеси ІПВ. На основі запропонованих критеріїв розроблений інструментарій, який дозволяє врахувати специфіку конкретного процесу ІПВ під час вибору методів прогнозування будь-яких показників на кожному етапі життєвого циклу металорізального інструменту.

3. Сформульовано принципи класифікації витрат на якість процесів ІПВ машинобудівних підприємств. Це дозволило сформувати універсальну класифікацію витрат на якість ІПВ на будь-якому машинобудівному підприємстві.

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

5. Запропоновано оцінювання ТЕП на основі застосування теорії нечітких множин. Цей метод дозволяє узгодити ТЕП трьох видів: відносні ТЕП, що

знаходяться в інтервалі  $0 - 1$  (оптимальне значення 1); 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 розроблено математичну 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. Доведено універсальність запропонованої моделі та її застосовність не залежно від специфіки підприємства.

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

8. В роботі на основі логіко-структурного аналізу та опрацювань статистичних даних, щодо діяльності машинобудівних підприємств з дрібносерійним та одиничним типом виробництва запропонована система техніко-економічних показників якості металорізального інструменту, що купується, з урахуванням невизначеності інформації для конкретних виробничих умов машинобудівного підприємства.

9. Встановлено, що для серійного виробництва характерна багатоваріантність критеріїв оптимальності. Питання вибору критерію оптимальності неоднозначне. Складність полягає в тому, що критерії частенько не можна порівняти між собою – показники, що оптимізуються, виражаються в різній формі – економічні витрати, час, ризик. Окрім цього існує недостатня інформація про конкретну ситуацію. Вибирати критерій оптимальності і призначати режими обробки доводиться в умовах невизначеності. На практиці особа, що приймає рішення (технолог, оператор верстата, робітник і так далі) робить свій вибір на основі особистого досвіду. На сьогодні на вітчизняних підприємствах бракує кваліфікованих фахівців, здатних приймати подібні рішення.

10. Один з можливих шляхів для подолання таких труднощів являється використання кваліметричних методів для вирішення завдання вибору критерію оптимальності.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. **Зеленцова, Е. В.** Системный подход к инструментальному обеспечению предприятия [Электронный ресурс] / Е. В. Зеленцова, Н. Ф. Зеленцова. Режим доступа: [http://www.instrument.spb.ru/zurnals/24/zurnal\\_24Theme1.shtml](http://www.instrument.spb.ru/zurnals/24/zurnal_24Theme1.shtml).
2. **Губич, Лилия.** Компьютеризация инструментального производства – приоритетная задача промышленности / Л. Губич, Г. Иванец, В. Поздняков // «САПР и графика» – М: Машиностроение, 2001 – № 2. – С. 23–25
3. **Гриньова, В. М.** Організація виробництва [Текст]: підручник / В. М. Гриньова, М. М. Салун. – К.: Знання, 2009. – 582 с.
4. Организация инструментального хозяйства, основные положения: методические рекомендации / НПО "НИИПТМаш". – Краматорск: НПО НИИПТМаш, 1988. – 168 с.
5. **Полевой, С. Н.** Инструментальная подготовка производства на машиностроительном предприятии: Справочник / С. Н. Полевой. – К: Техніка. – 1985. – 103 с.
6. **Ивченко, А. В.** Управление качеством инструментальной подготовки производства многономенклатурного машиностроительного предприятия [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.02 - Стандартизация, сертификация и метрологическое обеспечение / А.В. Ивченко; КНУТД. – Сумы: СГУ, 2009. – 278 л.
7. **Перский, Ю. К.** Автоматизация управления инструментальным хозяйством / Ю. К. Перский, Г. А. Казаков, В. Н. Решетников, А. П. Ямшинин. – М: Машиностроение. – 1985. – 304 с.
8. **Ивченко, А. В.** Оптимизация организационной структуры инструментальной подготовки производства / А. В. Ивченко, В. А. Залого // Сучасні технології в машинобудуванні: Зб. наук. праць. – Харків: НТУ «ХП», 2008. – Вип. 2. – С. 238–248.
9. ДСТУ ISO 9001:2009 Системи управління якістю. Вимоги: (ISO 9001:2008, IDT) – На заміну ДСТУ 9001-2001; – надано чинності 2009-09-01. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – VII, 26 с.

10. **Torvinen, S. J.** Integration of a CIM tool-management to an intelligent feature based process planning system / S. J. Torvinen, K. Salminen, L. Vasek – Computers in Industry. – Nov. – 1991.
11. **AA. VV.,** Tool Management: The Present and the Future / AA. VV. – Annals of CIRP, – K.P., – 1991
12. **Bosco, W.M. Chan,** Tool Managementfor flexible manufacturing / Bosco W.M. Chan – Int. J. of Computer Integrated Manufacturing, – May, 1992.
13. **Gindy, N.N.Z.,** Feature based component model computer-aided process planning systems / N.N.Z. Gindy, X. Huang, T. M. Ratchev – int. J. Of computer integrated manufacturing, – June 1993.
14. **Баронов, В. В.** Автоматизация управления предприятием: серия «Секреты менеджмента» / В.В. Баронов. др. – М.: ИНФРА-М. 2000. – 239 с.
15. Применение ИПИ технологий в задачах обеспечения качества и конкурентоспособности продукции. Методические рекомендации. – М.: НИЦ CALS технологии «Прикладная логистика», 2004. – 104 с.
16. **Титоренко, Г. А.** Информационные технологии управления. Учеб. пособие для вузов /Под ред. проф. Г. А. Титоренко. 2-е изд., доп. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 439 с.
17. **Псигин, Ю. В.** Управление системами и процессами машиностроения: учебное пособие / Ю. В. Псигин. – Ульяновск: УлГТУ. – 2003. – 76 с.
18. **Норенков, И. П.** Основы автоматизированного проектирования / И.П. Норенков. - Издательство: МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2002. – 333 с.
19. **Карпенко, С.Г.** Інформаційні системи і технології: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / С. Г. Карпенко, В. В. Попов, Ю. А. Тарнавський, Г.А. Шпортюк. – К.: МАУП, 2004. – 192 с.
20. CALS [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://uk.wikipedia.org/wiki/CALS>
21. Концепция построения системы в условиях реальной производственной среды / [Электронный ресурс]. Режим доступа [http://leport.ru/analitika/press\\_1.html](http://leport.ru/analitika/press_1.html)

22. **Верников, Г. Г.** Стандарты моделирования IDEF и ABC [Электронный ресурс] / Колонка Геннадія Вернікова. – Режим доступа: <http://www.cfin.ru/vernikov/idef/>
23. **Левин, А. И.** Концепция и технологии компьютерного сопровождения процессов жизненного цикла продукции / А.И. Левин, Е.В. Судов // Информационные технологии в наукоемком машиностроении. Компьютерное обеспечение индустриального бизнеса. – Київ: Техніка, 2001. – С 612–625.
24. **Левин, А. И.** CALS-сопровождение жизненного цикла / А. И. Левин, Е. В. Судов // Открытые системы. – 2001. – №3 – С 58–62.
25. **Волчков, С. А.** Мировые стандарты управления промышленным предприятием в информационных системах (ERP системах). – Воронеж: Международная академия науки и практики организации производства// Организатор производства – №1 – 1999 г. – С.43.
26. **Андреев, Е. Б.** SCADA-системы: взгляд изнутри /Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В. – М: Изд-во РТСофт, 2004. – 176 с.
27. **Окулесский В. А.** Функциональное моделирование – методологическая основа реализации процессного подхода / В.А. Окулесский – М.: НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика», 2001. – 56 с.
28. **Чорна, Н. О.** Оцінка можливості застосування CALS-технологій до розв'язання задач розподіленого управління [Текст] / Н.О. Чорна // Управління розвитком складних систем. Збірник наукових праць. – 2011. – №8. – С. 97-100.
29. **Гудков, Д.** Информационная поддержка изделия на всех этапах жизненного цикла (CALS «Continuous acquisition and life-cycle support») [Электронный ресурс]/ Д. Гудков. – Режим доступа: <http://www.emb.ustu.ru/kurs/ispu/download/1/gud.htm>
30. **Кульга, К. С.** Методология создания интегрированной информационной системы для автоматизации технической подготовки и оперативного управления позаказным машиностроительным производством [Текст] / К. С. Кульга // САПР и графика. – 2011. – №8. – С. 81–86.
31. **Ковшов, А. Н.** Информационная поддержка жизненного цикла изделий машиностроения: принципы, системы и технологии CALS/ИПИ / А. Н. Ковшов,



- Ю. Ф. Назаров, И. М. Ибрагимов, А. Д. Никифоров. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 304 с.
32. **Назаров, С. В.** Компьютерные технологии обработки информации: Учебное пособие /С. В. Назаров, В. И. Першиков, В. А. Тафинцев и др.; Под ред. С. В. Назарова. – М.: Финансы и статистика, 1995. – 248 с.
33. PLM 2005: The New Game in Town is Time to Value / AMR Research, - December, 2004.
34. Ежегодный отчет компании CIMdata с анализом рынка PLM за 2003 год [Электронный ресурс] / Режим доступа: [www.cimdata.com/press/PR04-0331.htm](http://www.cimdata.com/press/PR04-0331.htm).
35. **Стародубов, В.** Роль и место PLM в линейке ERP, CRM и SCM [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.cio-world.ru/business-practice/review/35177/page2.html>
36. **Когаловский, М. Р.** Перспективные технологии информационных систем [Текст]: монография / М. Р. Когаловский; Науч. ред. М. И. Лугачев. – М.: ДМК, 2003. – 284 с.
37. **Барановская, Т. П.** Информационные системы и технологии в экономике [Текст]: учебник для студентов сельскохозяйственных учебных заведений по экономическим специальностям / Т. П. Барановская, В. И. Лойко, М. И. Семенов, А. И. Трубилин; Ред. В. И. Лойко. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 416 с.
38. **Бельтюков, Є.А.** Концептуальні підходи до формування інформаційної системи промислового підприємства / Є.А. Бельтюков, Г.І. Задорожко // Економіка: реалії часу. – 2012. – №3–4(4–5). – С. 33–40.
39. **Гаврилов, Д. А.** Управление производством на базе стандарта MRP-II / Д.А. Гаврилов. – СПб.: Питер. – 2002. – 352 с.
40. **Goodfellow, R.** Manufacturing Resource Planning. A Pocket Guide / Robin Goodfellow. – 1993
41. **Гужва, В. М.** Інформаційні системи і технології на підприємствах / В. М. Гужва. – К.: КНЕУ – 2001.

42. Integration definition for function modeling (IDEF0) / Draft Federal Information Processing Standards Publication 183, – 1993, December 2
43. Integrated computer – aided manufacturing (ICAM). Architecture part II. Volume IV – Function modelling manual (idef0) / Softtech, inc. - June 1981.
44. **Волков, О.** Стандарты и методологии моделирования бизнес-процессов [Электронный ресурс] / Олег Волков // Связьинвест. – №2005. – №6. – Режим доступа к журн.: <http://www.connect.ru/article.asp?id=5710>
45. **Галактионов, В.И.** Системная архитектура и ее место в архитектуре предприятия // Директор информационной службы. – 2002. – № 5.
46. **Дворников, А.В.** IDEF0 как инструмент моделирования процессов / Дворников А.В. // Журнал "Авант Партнер", – № 22(79), – август 2005 г.
47. **Репин, В.В.** Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В.В. Репин, В.Г. Елиферов. – М.: Стандарты и качество, 2008. –408 с.
48. **Калянов Г.Н.** Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов / Г.Н. Калянов. – М.: Финансы и статистика, 2006. – 240 с.
49. **Colquhoun, G. J.** A state of the art review of IDEF0 / Colquhoun, G J, Baines, R W and Crossley, R. // Computer-Integrated Manufacturing, - 6 (4)- 1993. - p. 252-264
50. **Qingquan, Li.** Research of application of IDEF on software reliability allocation / Qingquan Li, Heng Gao, Hongwei Yang, Jianping Wang // International Conference on 2013: Quality, Reliability, Risk, Maintenance, and Safety Engineering (QR2MSE) - Chengdu: IEEE - 2013. - p. 473 – 476
51. **Sarkis, J.** Using IDEF and QFD to develop an organizational decision support methodology for the strategic justification of computer-integrated technologies / Joseph Sarkis, Donald H Liles // International Journal of Project Management. – Vol. 13, No. 3, – pp. 177-185, – 1995.
52. **Mayer, R J.** IDEF3 technical report – beta draft 1.1 / Mayer, R J, Manzel, C P and Mayer, P S D // Texas A&M University, - USA (1990)

53. **Mayer, R.J.** IDEF0 function modeling – A reconstruction of the original Air Force Wright Aeronautical Laboratory Technical Report – AFWALTR-81-4023 (the IDEF0 Yellow Book). / Mayer, R.J. – 1st ed., Knowledge Based Systems, Inc.: College Station, Texas. – 1992.
54. **Mayer, R.J.** IDEF family of methods for concurrent engineering and business reengineering applications / Mayer, R.J., M. Painter, and P. de Witte. – Knowledge Based Systems, – Inc.: College Station, TX – 1992.
55. **Сухінін, Д.В.** Процесний підхід до організації діяльності з надання муніципальних послуг [Електронний ресурс]/ Д.В.Сухінін, Т.В.Маматова. - Режим доступу: <http://www.academy.gov.ua/ej/ej2/txts/techno/05sdvnmp.pdf>
56. **Боровиков, В. П.** Прогнозирование в системе Statistica в среде Windows: Основы теории и интенсивная практика на компьютере: учебное пособие / В. П. Боровиков, Г. И. Ивченко. – М.: Финансы и статистика, 1999. – 382 с.
57. **Тихонов, Э.Е.** Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие / Э.Е. Тихонов. – Невинномысск. – 2006. – 221 с.
58. **Антохонова, И.В.** Методы прогнозирования социально-экономических процессов: Учебное пособие / И. В. Антохонова. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ. – 2004. – 212 с.
59. **Бокс, Дж.** Анализ временных рядов, прогноз и управление / Бокс Дж., Дженкинс Г.М. – М.: Мир. – 1974. – 406 с.
60. **Егошин, А.В.** Анализ и прогнозирование сложных стохастических сигналов на основе методов ведения границ реализаций динамических систем: Автореферат диссертации ... канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2009. 19 с.
61. **Васильева, Т.А.** Риск-менеджмент инноваций: Монография / Васильева Т.А.; Диденко О.Н.; Епифанов А.А. – Сумы: Деловые перспективы, 2005. – 260 с.
62. **Бережная, Е.В.** Методы прогнозирования временных рядов в экономических исследованиях / Е.В. Бережная, Т.А. Порохня // Вестник СевКавГТУ, Серия «Экономика». – 2004. – №2 (13)

63. **Ханк, Д.Э.** Бизнес-прогнозирование / Ханк Д.Э., Райтс А.Дж., Уичерн Д.У. - М.: Издательский дом Вильямс. – 2003. – 656 с.
64. Техніко-економічні показники [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://uk.wikipedia.org/wiki/Техніко-економічні\\_показники](http://uk.wikipedia.org/wiki/Техніко-економічні_показники)
65. **Atkinson, A.** Management Accounting. / Atkinson A., Kaplan R. S., Young M // Prentice-Hall: Upper Saddle River, N. J. – 4th ed. – 2003.
66. **Воронкова, А.Е.** Теоретико-методичні аспекти формування інноваційної політики підприємства / А.Е. Воронкова, Н.Й. Радіонова // Формування ринкових відносин в Україні. Зб. наук. праць. Вип. 3. – К.: НДЕІ, 2009. – С. 82–85
67. **Гоголин, С.С.** Организация баз данных системы мониторинга технико-экономических показателей предприятий промышленности и транспортного комплекса: дис. ...канд.техн.наук: 05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям) / С.С.Гоголин. – Москва. – 2008. – 196.
68. **Залесов, В.А.** Совершенствование системы технико-экономических показателей для управления деятельностью подразделений по машинной обработке информации промышленных предприятий: дис. ... канд. экон. наук 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах / В.А. Залесов. – Ленинград. – 1984. – 254.
69. **Косматов, Э.М.** Теория и методы управления технико-экономическими показателями энергетических систем и энергетического оборудования/Э. М. Косматов. – 2005
70. **Каплан, Р.** Организация, ориентированная на стратегию / Каплан Р., Нортон Д - Москва: Олимп-Бизнес, – 2004. –
71. 416с.
72. **Kaplan R. S.** Measuring the strategic readiness of intangible assets. / Kaplan R. S., Norton D. P. // Harvard Business Review 82 (2), – 2004. – p. 52–63.
73. **Kaplan R. S.** The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action. / Kaplan R. S., Norton D. P. // Harvard Business School Press, – Boston, MA. – 1996

74. **Залесов, В. А.** Совершенствование системы технико-экономических показателей для управления деятельностью подразделений по машинной обработке информации промышленных предприятий: дис. ... к.э.н.: спец. 05.13.10/ В. А. Залесов. – Л., 1984. – 183 с.
75. **Гоголин, С. С.** Организация баз данных системы мониторинга технико-экономических показателей предприятий промышленности и транспортного комплекса: автореферат дис...к. т. н. / С.С. Гоголин. - М., 2008.
76. **Косматов, Э. М.** Теория и методы управления технико-экономическими показателями энергетических систем и энергетического оборудования : дис... д. э. н. спец. 08.00.05 / Э.М.Косматов. – Санкт-Петербург, 2005. – 379 с. : ил.
77. **Свиридова, А. Ю.** Оперативное планирование технико-экономических показателей предприятий: дис... к. э. н. спец. 08.00.21 / А.Ю.Свиридова. – Л., 1984.
78. **Атаева, С.К.** Проектирование базы данных системы мониторинга технико-экономических показателей автотранспортных предприятий / Атаева С.К., Борщ В.В., Зайцев Д.В., Чугунова Д.Н. // Автоматизация и управление в технических системах. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2013. – №4.1(6). – 143 с.: ил. – 105-113
79. **Воронкова, А.Е.** Діагностика стану підприємства: теорія і практика: монографія / За заг. ред. проф. А.Е. Воронкової. – Х.: ВД “Інжек”, 2006. – 448 с
80. **Семенов, А.Г.** Стратегічні методи підвищення ефективності виробництва на підприємствах: Монографія / А.Г. Семенов. – Запоріжжя: ГУ “ЗІДМУ”, 2006. – 376 с.
81. **Плотницька, С.І.** Види техніко-економічних показників [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://lection.com.ua/managment/-remosfd/vidi-tehniko-ekonomichnih-pokaznikiv>
82. **Horv?th.** Balanced Scorecard umsetzen / Horv?th und Partner. – Stuttgart: Sch?ffer-Poeschel Verlag, 2007. – 452. – ISBN 379102521X, 9783791025216
83. **Клименко, Г. П.** Основи раціональної експлуатації різального інструменту на важких верстатах: автореферат...док. техн. наук. спец. 05.03.01 - Процеси

механічної обробки, верстати та інструменти / Г.П.Клименко. - Київ: НТУУ "КПІ". - 2002. - 37 с.

84. Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2005, IDT): ДСТУ ISO 9000-2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 34 с.

85. **Crosby, Ph. V.** Quality brings Gewink / Ph. V. Crosby. – Hamburg, 1986.

86. **Азгальдов, Г. Г.** Что такое качество? / Г. Г. Азгальдов, А.В. Гличев, В.П. Панов — М.: Экономика, 1968. — 135с.

87. **Азгальдов, Г. Г.** Теория и практика оценки качества товаров. Основы квалиметрии. / Г. Г. Азгальдов — М.: Экономика, 1982. — 256с.

88. **Степанов, С. А.** Системы менеджмента качества./ С. А. Степанов, А. Ю. Щербаков, В. В. Ященко – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. – 64 с. 3. Хазанова, Л.Э. Планирование работы производственной системы в условиях неопределенности // Конструкторско-технологическая информатика: Труды конгресса. – М: МГТУ «Станкин», 1996. – С. 146 – 147.

89. **Азгальдов, Г.Г.** Оценка и аттестация качества в строительстве / Г.Г. Азгальдов, О.М. Сендерова. – М. : Стройиздат, 1977.

90. **Альперин, Л.** Самооценка организаций – инструмент их саморазвития / Л. Альперин // Стандарты и качество. – 2000. – № 1.

91. **Белобрагин, В.Я.** Региональная экономика: проблемы качества / В.Я. Белобрагин. – М., 2001.

92. **Ивлев, В.А.** Реорганизация деятельности предприятия: от структурной и процессной организации / В.А. Ивлев, Т.В. Попова. – М.: Научтехлитиздат, 2000.

93. **Бузырев, В.В.** Противозатратный механизм в строительстве / В.В. Бузырев. – Л.: Стройиздат, Ленинградское отделение, 1990.

94. **Chodynski, A.** Modele w zarzadzaniu strategicznym a ekologia / A. Chodynski // Zeszyty Naukowe BIT. – 1995. – N 4.

95. **Фейгенбаум, А.** Контроль качества продукции / А. Фейгенбаум; сокр. пер. с англ. – М. : Экономика, 1986.

96. **Деминг, В.Э.** Выход из кризиса. / В.Э.Деминг. – Тверь, 1994.
97. **Watson, G. H.** Feigenbaum's Enduring Influence // Quality Progress. - 2005. - Nov. - P. 52.
98. **Полховская, Т.М.** Теория и практика перехода к менеджменту качества по стандартам ИСО 9000:2000 // Стандарты и качество. - 2004. - № 7. - С. 35–36.
99. **Полховская, Т.М.** Роль документации при создании эффективной системы менеджмента организации // Стандарты и качество. 2004. № 6. С. 66.
100. **Бородкин, Н.П.** Британский стандарт BS 6143: 1992"Экономика качества". Ч.1. Модель затрат на процесс / Перев. Н.П. Бородкина – НТК "Трек", 1997.
101. **Кокинс, Г.** Учебник по методологии функционального учета затрат. Activity based costing / Г. Кокинс, А. Стратгон, Д. Хелблинг. – М.: ВИПАнатех. - 2000.
102. **Зорин, Ю.В.** Системы качества и управление процессами. / Ю.В. Зорин, В.Т. Ярыгин – Самара: СПИ, 1997. – 204 с.
103. Доповідь «Менеджмент бізнес-процессов на основе МС ИСО 9000:2000».
104. **Лавренченко, Н.И.** Экономико-математические методы управления затратами на качество / Н.И. Лавренченко, Б.И. Герасимов ; под науч. ред. д-ра экон. наук, проф. Б.И.Герасимова. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005.,112 с.
105. Затраты [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Затраты>.
106. **Рахлин, К.М.** Методология классификации затрат на качество // К.М. Рахлин, Л.Е. Скрипко – Стандарты и качество. 1997. № 3. – С. 49–52.
107. **Гиссин, В.И.** Управление качеством продукции: Учеб. пособие. / В.И. Гиссин – Ростов н/Д: Феникс, 2000.
108. **Костюк, И. В.** Интеллектуальная поддержка автоматизированной системы управления инструментообеспечением на машиностроительном предприятии: диссертация ... кандидата технических наук: 05.13.06 / И.В. Костюк; [Место защиты: Кам. гос. инж. экон. акад.]. – Набережные Челны, – 2009. – 164 с.: ил.
109. **Янковский, Н.А.** Совершенствование системы управления промышленным предприятием: проблемы и решения: монография /Под ред. Н. А. Янковского // Н.

А. Янковский, Белоусов А.В., Веревкин В.Н., Гармаш А.Н., Жадан А.В., Захаров В.А., Назаренко В.В., Пилушенко В.Л., Смеричевский С.Ф., Степанов В.А. – Донецк: Норд-Пресс, ДонГУУ. – 2006. – 393 с.

110. **Волкова, В.А.** Экономико-статистическое исследование эффективности материальных затрат в промышленности: дис. ... к.э.н.: спец. 08.00.11/ В. А.Волкова. – М., 1986. – 183 с.

111. **Федюкин, В. К.** Управление качеством производственных процессов / В.К. Федюкин. – СПб: Питер. – 2004. – 208 с.: ил.

112. ДСТУ OHSAS 18001:2010 «Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги». – Введ. 2010-12-27.

113. ДСТУ ISO 14001-2006 Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування. – Введ.2006-05-15 – 17 с.

114. Методика оцінки ефективності реалізації регіональних природоохоронних та державних (загальнодержавних) цільових екологічних програм: затв. Міністерством екології та природних ресурсів України 15.10.2012. – Введ: 2012-12-25. – 23 с.

115. **Новицкий, Н.И.** Организация производства на предприятиях. Учебно-методическое пособие. / Н.И. Новицкий. – М.: Финансы и статистика, 2001. - 392 с.: ил.

116. **Степанов, С. А.** Системы менеджмента качества./ С. А. Степанов, А. Ю. Щербаков, В. В.Ященко – СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. – 64 с.

117. **Хазанова, Л.Э.** Планирование работы производственной системы в условиях неопределенности // Конструкторско-технологическая информатика: Труды конгресса. – М: МГТУ «Станкин», 1996. – С. 146 – 147.

118. Сталий розвиток [Електронний ресурс] / Режим доступу: [http://uk.wikipedia.org/wiki/Сталий\\_розвиток](http://uk.wikipedia.org/wiki/Сталий_розвиток)

119. **Садовенко, А.** Сталий розвиток суспільства: навчальний посібник / А. Садовенко, Л. Масловська, В. Середя, Т. Тимочко. – 2 вид. – К.; 2011. – 392 с.



120. **Понедельников, В.В.** Инвестиционное обеспечение устойчивого развития аграрного производства: дис...канд.экон.наук: 08.00.05 / В.В. Понедельников - М: РГБ. - 2006. - 210 с.
121. **Щипин, К.С.** Система прогнозирования на основе многокритериального анализа временных рядов :дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах / К.С. Щипин. – М.:МГТУ. – 2004. – 135 л.
122. **Вайсман, В.О.** Моделі, методи та механізми створення і функціонування проектно-керованої організації [Монографія] / В.О. Вайсман. – К.: Науковий світ, 2009. – 146 с.
123. **Царев, В.В.** Оценка экономической эффективности инвестиций / В.В Царев. – С-Пб.: Издательский дом "Питер", 2004. – 460 с.
124. **Саати, Т.** Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы/ Т.Саати. – Под ред. Л.П.Якименко. – М:"Мир". – 1973. – 300 с.
125. **Майника, Э.** Оптимизация на сетях и графах / Э.Майника. - М:"Мир". – 1981. – 324 с.
126. **Вагнер, Г.** Основы исследования операций / Г.Вагнер. - Пер. с англ. Б.Т. Вавилова. – М: "Мир". – Т.1. – 1972. – 337 с.
127. **Хан, Г.** Статистические методы в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро. - М:"Мир". - 1969. - 198.
128. **Таха, Хэмди А.** Введение в исследование операций / Хэмди А. Таха // 7-е изд.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс". – 2005. – 912 с.:ил.
129. **Щипин, К.С.** Система прогнозирования на основе многокритериального анализа временных рядов :дис. ... канд. техн. наук: 05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах / К.С. Щипин. – М.:МГТУ. – 2004. – 135 л.
130. **Оре, О.** Теория графов / Под ред. И. М. Овчинниковой// О.Оре. – Издательство наука, 1980. – 336 с.

131. **Землянухина, Л.Н.** Алгоритмы оптимизации на графах: учебное пособие / Л.Н. Землянухина. – Ростов-на-Дону. – 2008. – 87 с.
132. **Abraham, Ittai.** Highway Dimension, Shortest Paths, and Provably Efficient Algorithms / Abraham, Ittai; Fiat, Amos; Goldberg, Andrew V.; Werneck, Renato F. ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms. – 2010. – 782-793.
133. **Abraham, I.** A Hub-Based Labeling Algorithm for Shortest Paths on Road Networks/ Abraham, Ittai; Delling, Daniel; Goldberg, Andrew V.; Werneck, Renato F. //Symposium on Experimental Algorithms]. – 2011. – 230-241.
134. **Ladyzhensky, Y.** Algorithm to define the shortest paths between all nodes in a graph after compressing of two nodes / Ladyzhensky Y., Popoff Y. // Proceedings of Donetsk national technical university: Computing and automation. Vol.107. – Donetsk. 2006 – 68–75.
135. **Заде, Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде; пер с англ. Н.И.Ринго. – М: "Мир". – 1976. – 164 с.
136. **Ротштейн О.П.** Інтелектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі / О.П. Ротштейн. – Вінниця: Універсум-Вінниця, – 1999. – 320 с.
137. **Дынник, О.Д.** Оценка удовлетворенности заинтересованных сторон. Часть 2. Разработка шкалы оценивания / О. Д. Дынник, В. А. Залого, А. В. Ивченко, Ю. А. Денисенко, Н. В. Сущенко // Журнал инженерных наук. – Сумы: Изд-во СумДУ, 2014. – №2. – С. Е 1–Е11.
138. **Пичкалев, А. В.** Применение кривой желательности Харрингтона для сравнительного анализа автоматизированных систем контроля/А.В. Пичкалев // Вестник КГТУ. – Красноярск: КГТУ. – 1997. – С. 128–132.
139. **Макеева, А.В.** Основы нечеткой логики. Учебное пособие для вузов / Макеева А.В. – Н.Новгород:ВГИПУ. – 2009. – 58 с.
140. **Скрипко, Л.Е.** Методология оценивания затрат на качество // Методы менеджмента качества. – 2001.-№1. – С. 3 –5.

141. **Залога, В.О.** Класифікація витрат на якість процесів інструментозабезпечення машинобудівного підприємства [Текст] / В.О. Залога, О.В. Івченко, Ю.О. Погоржельська // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2013. – №83. – 313 с. – С. 128-137.
142. **Залога, В.А.** Концептуальная модель информационной системы управления качеством инструментальной подготовки производства [Текст] / В.А. Залога, А.В. Ивченко, Ю.А. Погоржельская // Машиностроение – основа технологического развития России: Сборник научных статей V научно-технической конференции. – Курск. – 2013. – С. 103 – 107.
143. **Залога, В.О.** Розроблення імітаційної моделі управління якістю інструментальної підготовки виробництва / В.О. Залога, О.В. Івченко, Ю.О. Погоржельська // Современные проблемы производства и ремонта в промышленности и на транспорте: Материалы 10-го Юбилейного Международного научно-технического семинара, 22–26 февраля 2010 г., г. Свалява. – Киев: АТМ Украины, 2010. – 322 с. – С. 73-74.
144. **Залога, В.А.** Математическая модель управления затратами на качество инструментального обеспечения / В.А. Залога, А.В. Ивченко, Ю.А. Погоржельская // Качество, стандартизация, контроль: теория и практика: Материалы 13-й Международной научно-практической конференции, 01–05 октября 2012 г., г. Ялта. – Киев: АТМ Украины, 2012. – 220 с. – С. 71-72.
145. **Залога, В.О.** Математична модель управління витратами на якість інструментальної підготовки виробництва / В.О. Залога, О.В. Івченко, Ю.О. Погоржельська // Машинобудування України очима молодих: прогресивні ідеї-наука-виробництво: Матеріали XII всеукраїнської молодіжної науково-технічної конференції, секція 2 "Технологія машинобудування". – Київ: НТУУ, 2012. – 125 с. – С. 40-41.
146. **Залога, В.О.** Класифікація витрат на якість інструментальної підготовки виробництва / В.О. Залога, О.В. Івченко, Ю.О. Погоржельська // Сучасні технології в

промислового виробництві: матеріали II всеукраїнської міжвузівської науково-технічної конференції, м. Суми, 17 – 20 квітня 2012. – С. 94-95.

147. **Залога, В.О.** Управління якістю інструментальної підготовки виробництва: класифікація витрат на якість / В.О. Залога, Ю.О. Погоржельська, О.В. Івченко // Качество, стандартизация, контроль: теория и практика: Материалы 13-й Международной научно-практической конференции 30 сентября – 04 октября 2013 г., г. Ялта. – Киев: АТМ України, 2013. – 208 с. – С. 56-57.

148. **Залога, В.О.** Модель прийняття рішень при управлінні якістю інструментальної підготовки виробництва / В.О. Залога, О.В. Івченко, Ю.О. Погоржельська // Качество, стандартизация, контроль: теория и практика: Материалы 14-й Международной научно-практической конференции, 23-26 сентября 2014 г., г. Одесса. – Киев: АТМ України, 2014. – 144 с. – С. 45-46.

149. **Денисенко, Ю.О.** Оцінювання техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва // Ю.О. Денисенко, В.О. Залога, О.В. Івченко, О.Д. Динник // Машинобудування України очима молодих: тези доповідей XIV Всеукраїнської молодіжної науково-технічної конференції. 27-31 жовтня 2014 р., м.Суми. – Суми: вид-во СумДУ, 2014 р. – 124 с. – С. 33-35

150. **Денисенко, Ю.О.** Підвищення якості інструментальної підготовки виробництва на основі визначення раціональної стратегії перебігу її процесів / Ю.О. Денисенко, В.О. Залога, О.В. Івченко, О.П. Маслов // Вісник Хмельницького національного університету: Технічні науки. – Хмельницький : ХНУ, 2015. - № 6. – С. 77-81.

151. **Perron, Oskar** Zur Theorie der Matrices / Oskar Perron // Mathematische Annalen – Т. 64 (2) – 1907. – pp. 248–263.

152. **Frobenius, Georg** Ueber Matrizen aus nicht negativen Elementen / Georg Frobenius // Sitzungsber. Königl. Preuss. – Akad. Wiss, 1912 – 456-477

153. **Чорна, М. В.** Оцінка ефективності інноваційної діяльності підприємств : монографія / М. В. Чорна, С. В. Глухова. – Харків : ХДУХТ, 2012. – 210 с.

154. **Ковзель, М. О.** Соціально-економічна ефективність експорту транспортних послуг України: [монографія] / М. О. Ковзель. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2008. – 308с.
155. **Олійник, О. В.** Ефективність функціонування системи бюджетування: теоретичні засади та методи оцінки / О. В. Олійник, Ю. В. Чибісов // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії . – 2006. – № 1Е (6). – С.263-271.
156. **Рац, О. М.** Визначення сутності поняття «ефективність функціонування підприємства» / О. М. Рац // Економічний простір. – 2008. – №15. – С. 275-286.
157. **Туревский, И. С.** Экономика отрасли (автомобильный транспорт) [Текст]: учебник / И.С. Туревский. - М.: Форум: ИНФРА-М, 2008. - 287 с.
158. **Ахромкін, Є.М.** Методична база оцінки ефективності впровадженняресурсозберігаючих технологій [Електронний ресурс]/ Є.М. Ахромкін // Ефективна економіка. – №1. – 2011. – Режим доступу: <http://www.economy.nauka.com.ua/?n=1&y=2011>
159. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості, Наказ Міністерства промислової політики України від 09.07.2007 р. № 373.
160. Основи теорії різання матеріалів: підручник / [М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок та ін.]; За ред. М.П. Мазура. – Львів: Новий Світ-2000, 2010. – 422 с.
161. **Rubenstein, C.** The influence of strain rate in orthogonal cutting / C. Rubenstein // Int. J. Mach. Tool Des. and Res. – 1972. – Т. 12. – № 2. – С. 105–120.
162. **Грановский, Г. И.** Резание металлов / Грановский Г. И. –М.: Высшая школа, 1985. – 304 с.
163. **Abdelmoneim, M. E.** Tool edge roundness and stable buildup formation in finish machining / M. E. Abdelmoneim, R. F. Scrutton // Trans. ASME. –1976. – № 4. –С. 1258–1267.
164. А.С. 1764833 СССР, G 01 N 3/58. Способ контроля качества режущего инструмента / В. А. Десненко, Л. И. Пупань, А. И. Грабченко, В. И. Кононенко (СССР). – №4746917/08; заявл. 09.10.89; опубл. 30.09.92. Бюл. № 36.

165. **Bowden, F. P.** The Friction and Lubrication of Solids / Bowden F. P., Tabor D. – Oxford: Clarendon Press, 1964.
166. **Виноградов, Д. В.** Оценка свойства быстрорежущего инструмента / Д. В. Виноградов // Изв. вузов. Машиностроение. –1993. –№ 10–12. – С. 121–125.
167. **Виноградов, А. А.** Стружкообразование при точении пластичных металлов инструментом с округленной режущей кромкой / А. А. Виноградов // Сверхтвердые материалы. –1991. – № 1. – С. 65–70.
168. **Абрамян, Н. С.** К вопросу о стабильности твердосплавных многогранных режущих пластинок / Н. С. Абрамян // Современные задачи резания инструментами из жестких материалов: тезисы докладов Всесоюзн. научной конф. – Харьков. – 1981. – С. 5–6.
169. **Ивченко, Т. Г.** Обоснование и обеспечение в эксплуатации оптимального уровня безотказности и долговечности режущего инструмента / Т. Г. Ивченко // Тез. докл.: Высокие технологии в машиностроении: тенденции развития, менеджмент, маркетинг (24 - 28 сент. 1997 г.). –Харьков. –1997. – С. 103–104.
170. **Ивченко, О. В.** Управління якістю інструментальної підготовки виробництва багатонаменклатурного машинобудівного підприємства: дис. ... канд. техн. наук: 05.01.02 / Івченко Олександр Володимирович. — К., 2009. —278 с.
171. **Антипов, Д. В.** Управление качеством изготовления режущего инструмента на основе интеграции методов менеджмента / Антипов Д. В., Антипова О. И. // Вектор науки ТГУ. – 2009. – №4. – С.15-20.
172. А. С. 1682888 СССР, G 01 N 3/58. Способ прогнозирования стойкости режущего инструмента / Н. В. Новиков, Л. Н.Девин, А. К. Пискунов, В. Ф. Дрожин и В. Л. Доброскок (СССР). – №4687407/28; заявл. 03.05.89; опубл. 07.10.91. Бюл. № 37
173. **Ивченко, О. В.** Дослідження питань нормалізації вимог щодо якості металорізального інструменту на всіх етапах його життєвого циклу (тези) друк. Матеріали 15-й Міжнародної науково-практичної конференції «Якість, стандартизація, контроль: теорія і практика». – Київ, 2015. – С. 43 – 45.