Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет

Ю. О. Денисенко, В. О. Залога, О. В. Івченко

УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Монографія

Рекомендовано вченою радою Сумського державного університету

Суми
Сумський державний університет
2020

УДК 658.5:338.3
Д 33

Рецензенти:
В. М. Тонконогий – доктор технічних наук, професор, директор Інституту промислових технологій, дизайну та менеджменту Одеського національного політехнічного університету, професор кафедри металорізальних верстатів, метрології та сертифікації;
В. О. Іванов – доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри технології машинобудування, верстатів та інструментів Сумського державного університету

Рекомендовано до друку
вченою радою Сумського державного університету
(протокол № 11 від 16 квітня 2020 року)

Денисенко Ю. О.
Д 33 Удосконалення нормативної бази інструментальної підготовки виробництва щодо поліпшення техніко-економічних показників : монографія / Ю. О. Денисенко, В. О. Залога, О. В. Івченко. – Суми : Сумський державний університет, 2020. – 93 с.
ISBN 978-966-657-845-0

Монографія присвячена розвитку наукових і методологічних основ розроблення і впровадження інформаційних систем управління якістю інструментальної підготовки виробництва (ІС ІПВ) з урахуванням оцінки техніко-економічних показників (ТЕП), що впливають на конкурентоспроможність підприємства. Визначено особливості ІПВ машинобудівних підприємств, які становлять передумову розроблення єдиних методів у прийнятті рішень щодо якості її процесів. Розроблено уніфіковану модель прийняття рішень у сфері якості процесів ІС ІПВ з безрозмірною шкалою оцінювання, що дозволяє оцінювати процеси за однією з двох умов: залежно від ТЕП процесів і витрат на якість процесів ІС ІПВ. Запропоновано систему ТЕП за трьома ознаками оптимальності та розроблено класифікацію витрат на якість процесів ІС ІПВ. Науково обґрунтовано та розроблено алгоритм упровадження ІС ІПВ на машинобудівному підприємстві.

Призначена для інженерно-технічних працівників промислових підприємств, науково-дослідних лабораторій, магістрів і аспірантів технічних спеціальностей.

УДК 658.5:338.3

© Денисенко Ю. О., Залога В. О., Івченко О. В., 2020
ISBN 978-966-657-845-0 © Сумський державний університет, 2020

ЗМІСТ

С.

ВСТУП 5

РОЗДІЛ 1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 6

1.1 Управління якістю інструментальної підготовки виробництва сучасного машинобудівного підприємства 6
1.2 Сучасний стан управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва в умовах функціонування інформаційних технологій 9
1.3 Методи прогнозування 23
1.4 Проблеми створення системи техніко-економічних показників інформаційної системи управління якістю інструментальної підготовки виробництва 25
1.4.1 Основні засади побудови системи техніко-економічних показників 25
1.4.2 Сучасний стан проблеми управління витратами на інформаційну систему управління якістю інструментальної підготовки виробництва 26

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА НА БАЗІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ 30

2.1 Концептуальна модель інформаційної системи управління інструментальної підготовки виробництва 30
2.2 Розроблення класифікації техніко-економічних показників і витрат на якість процесів інформаційної системи управління якістю інструментальної під-готовки виробництва 33
2.2.1 Класифікація техніко-економічних показників 33
2.2.2 Класифікація витрат на якість процесів інформаційної системи управління якістю інструментальної підготовки виробництва 38
2.3 Математична модель прийняття рішень в інформаційній системі управління якістю інструментальної підготовки виробництва 43
2.3.1 Загальна концепція моделі прийняття рі-шень в інформаційній системі управління якістю інструментальної підготовки виробництва 43
2.3.2 Застосування методів оптимізації на графі для реалізації моделі прийняття рішень 48
2.3.3 Бальне оцінювання техніко-економічних показників на основі застосування теорії нечітких множин 49
2.3.4 Застосування марківських ланцюгів під час визначення ймовірності здійснення обраної стратегії 55

РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЗА УМОВИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА 58

3.1 Обґрунтування вибору раціонального методу прогнозування техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва 58
3.2 Практична реалізація запропонованої моделі управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва 62
3.3 Обґрунтування ефективності впровадження Методики прийняття рішень в інформаційній системі управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва 68

Висновки 71

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТА НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА 72

4.1 Алгоритм розроблення і впровадження інформаційної системи управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва 72
4.2 Розроблення рекомендацій щодо нормативного забезпечення інформаційної системи управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва 74
4.2.1 Рекомендації щодо нормативного забезпечення інформаційної системи управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва 74
4.2.2 Розроблення проекту Типової методики прийняття рішень в інформаційній системі управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва 76
Висновки 76

ВИСНОВКИ 77

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 78

ДОДАТОК А КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ 85

ДОДАТОК Б ШКАЛИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ 92

ВСТУП

В умовах ринкових відносин сучасному машинобудівному підприємству ефективне функціонування й конкурентні переваги може забезпечити тільки ефективна система управління його виробничою діяльністю. Сьогодні підприємство саме повинне визначати перспективи свого розвитку й прогнозувати економічні результати своєї діяльності, а також вміти швидко, а головне правильно реагувати на будь-які зміни в зовнішньому і внутрішньому середовищах, і відповідно до них корегувати свою діяльність. На сьогодні спостерігається ускладнення виробництва, зокрема і значне збільшення номенклатури виробів і зменшення їхньої кількості в партіях, супроводжувані ростом складності розв'язуваних завдань і суттєвим підвищенням втрат від неточного й несвоєчасного прийняття рішень, що висуває необхідність удосконалювання методів оперативного управління виробництвом із метою зменшення термінів, необхідних для прийняття раціонального (оптимального) управлінського рішення.

У комплексі процесів виробництва на сучасних машинобудівних підприємствах важливу роль відіграє інструментальна підготовка виробництва (ІПВ), тому що від якості й прогресивності інструментів і технологічного оснащення (ТО), своєчасного забезпечення ними робочих місць залежить як ефективність діяльності підприємства загалом, так і його конкурентоспроможність. Тому витрати на науково-технічне та інструментальне оснащення виробничих процесів на сучасному машинобудівному підприємстві можуть досягати в масовому виробництві 25–30 % від ціни устаткування, у багатосерійному – 10–15 %, у дрібносерійному й одиничному – у межах 5 % [1]. Частка витрат на інструмент (різальний, вимірювальний тощо), інструментальне (інструменти другого порядку: конічні втулки, патрони тощо) і технологічне оснащення (пристрої, штампи та ін.) у собівартості продукції, що випускається, може досягати (залежно від типу виробництва) відповідно 4 %, 6 %, 8 % і 15 %. Розмір капіталовкладень в інструмент і оснащення коливається від 15 % до 40 % від суми коштів підприємства. У деяких випадках трудомісткість проєктування й виготовлення, наприклад, комплекту технологічного оснащення може становити в загальних витратах на технологічну підготовку виробництва нових виробів машинобудівної галузі до 80 % [1].

Специфіка ІПВ обумовлюється тим, що на сучасних підприємствах можуть застосовуватися інструменти та оснащення десятків і сотень тисяч найменувань, що, зі свого боку, може в сотні разів перевищувати номенклатуру виробів, які випускаються цим підприємством. Зазвичай в інструментальному господарстві задіюють досить багато відділів і цехів, які здійснюють проєктування, виробництво, закупівлю, ремонт і відновлення інструментального та технологічного оснащення, доставку його на відповідні робочі місця тощо. Це може спричиняти труднощі як у забезпеченні цим інструментальним і технологічним оснащенням основного виробництва, так і в моніторингу процесів власне системи ІПВ, особливо в умовах оперативного управління основним виробництвом. Саме це свідчить про важливість управління процесами ІПВ для досягнення ефективної роботи машинобудівного підприємства загалом.

Керівництво сучасних вітчизняних підприємств, перебуваючи в пошуку нових підходів у підвищенні якості управлінських рішень, що приймаються ним, зокрема і в організації ІПВ, все частіше стикається з граничними можливостями вже застосовуваних і добре відомих методів і алгоритмів, які найчастіше використовуються в переважній більшості систем управління підприємствами, що діють сьогодні. Крім того, треба брати до уваги ту обставину, що сьогодні інструментальне виробництво є одним із основних споживачів (до 30 %) ринку CAD/CAM-систем і послуг [2], що створює передумови для ефективного використання сучасних інформаційних технологій у системах управління діяльністю підприємства загалом.

На сьогодні вже досить добре відомо, що сучасні інформаційні технології є важливим джерелом підвищення ефективності прийнятих рішень, спрямованих на забезпечення високої продуктивності, якості й конкурентоспроможності продукції, що випускається цим підприємством. Під час прийняття рішення про впровадження сучасних інформаційних технологій у системі інструментальної підготовки виробництва треба брати до уваги ту суттєву обставину, що їхнє застосування пов'язане з одержанням і обробленням інформації про всі внутрішні інформаційні, фінансові та матеріальні потоки цього виробництва: характеристики виробничих процесів, контроль ходу виробництва, випуск готової продукції, вантажні відправлення, параметри замовлень, фінансові витрати й інші характеристики. Ця обставина потребує вдосконалення нормативного забезпечення управління й оцінювання якості як ІПВ, так і основного виробництва загалом, а, відповідно, додаткових, досить часто суттєвих, витрат, особливо в тих випадках, коли створюють системи управління з використанням сучасних інформаційних технологій. Водночас успішне розв'язання цієї проблеми може забезпечити суттєве підвищення ефективності виробництва загалом, зокрема підвищення надійності виробничих процесів, а також зниження витрат і скорочення часу на випуск готової продукції завдяки як зменшенню циклу підготовки машинобудівного підприємства з питань інструментального забезпечення, так і підвищенню якості управління цими процесами.

РОЗДІЛ 1
СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ МАШИНОБУДІВНОГО ВИРОБНИЦТВА В УМОВАХ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Одним із головних завдань машинобудівного виробництва є виготовлення продукції, що випускається, у чітко встановлені терміни та забезпечення її високої якості, тобто забезпечення її конкурентоспроможності. Відомо, що якість продукції, яка випускається, залежить від багатьох чинників, насамперед таких як: якість матеріалів і заготовок, що поставляються для її виробництва; устаткування, на якому виробляється продукція; якість технологічних процесів оброблення деталей і їхнє складання; якість інструментального та технологічного оснащення, яке використовується для виготовлення продукції; компетентність робочого і керівного персоналу тощо. Якість технологічних процесів оброблення та складання деталей значною мірою залежить від прийнятих технологічних режимів оброблення, які переважно встановлюються залежно від якості інструментів та оснащення, яке використовується у процесі практичної реалізації прийнятих у цьому виробництві технологічних процесів. Виготовлення продукції, що випускається, у чітко встановлені терміни здебільшого залежить не тільки від вказаних чинників, а також і від своєчасного забезпечення виробництва потрібними інструментами та ТО, тобто від якості його інструментальної підготовки.

1.1 Управління якістю інструментальної підготовки виробництва сучасного машинобудівного підприємства

Інструментальна підготовка виробництва є вагомою складовою виробничого процесу машинобудівного підприємства. ІПВ створюється з метою управління постачанням виробничих процесів необхідних інструментів і ТО, а також їхнім зберіганням та експлуатацією. Велике значення інструментального господарства підприємства визначається ще й тим, що ступінь його організації істотно впливає на ефективність основного виробництва загалом.

Без інструментального забезпечення не можуть функціонувати такі процеси виробництва, як проєктування та розроблення продукції, матеріальне забезпечення, виробництво продукції, а також її випробування. Метою функціонування ІПВ є своєчасне задоволення потреб основного виробництва інструментом і ТО з найменшими витратами [3, 4].

В умовах забезпечення конкурентоспроможності продукції, що випускається, сучасні підприємства ставлять до ІПВ досить жорсткі вимоги. Для виконання цих вимог інструментальне господарство повинно не тільки забезпечувати заданий рівень надійності інструменту й оснащення, але водночас і формувати свою діяльність із найменшими витратами за постійного прагнення підвищення якості. Варто також враховувати той факт, що сучасне інструментальне господарство вимушено функціонувати в умовах постійної зміни зазвичай зростаючої номенклатури продукції основного виробництва, що призводить до постійної зміни номенклатури інструменту й оснащення, необхідних для виконання відповідних програм. Також необхідно відзначити і той факт, що номенклатура інструменту й оснащення може на кілька порядків перевищувати номенклатуру основних виробів.

Завдання функціонування ІПВ сучасного машинобудівного підприємства містять [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, зокрема планування діяльності інструментальних відділів, інструментальних цехів і відповідних підрозділів (бюро, ділянок, робочих місць тощо) цехів основного виробництва з їхнього виготовлення, ремонту чи відновлення;

– забезпечення необхідних умов організації підготовки технологічного оснащення до його експлуатації;

– забезпечення належного зберігання технологічного оснащення, а також механізації та автоматизації його складання;

– удосконалення системи обліку наявності та обігу інструменту й оснащення;

– забезпечення нормативного запасу інструменту та оснащення;

– вживання заходів, спрямованих на підвищення ефективності та результативності ІПВ, скорочення витрат на інструмент та оснащення, а також їхнє зберігання, розподіл, транспортування тощо;

– технічний нагляд за експлуатацією інструменту й оснащення, зокрема за їхніми станами, наприклад, з метою прийняття рішення про ремонт або утилізацію;

– утилізація відходів ІПВ.

Сьогодні на машинобудівних підприємствах існують три типи систем організації інструментального господарства: централізована, децентралізована та змішана [4–7].

Централізована система передбачає, що придбання, облік, зберігання, підготовку інструментів і ТО до експлуатації та низку інших функцій здійснюють за допомогою одного інструментального відділу (цехом), розташованого в зоні основного виробництва підприємства.

За децентралізованої системи ці функції здійснюють самостійні інструментальні ділянки цехів, які не пов'язані один з одним і є в безпосередньому підпорядкуванні адміністрації цехів основного виробництва.

Змішана система передбачає централізоване (інструментальним відділом / цехом) забезпечення інструментами та ТО основних цехів і децентралізоване для решти цехів і дільниць виробництва.

У роботах [6, 7] зазначено, що структура системи інструментальної підготовки виробництва залежить від низки чинників, таких як тип виробництва, рівень обладнання, складність виробів, що виготовляються, тощо. До основних підрозділів ІПВ зазвичай належать [4, 5] такі: служба управління інструментальним господарством (відділ інструментального виробництва, бюро інструментального господарства); інструментальний цех / дільниця; склади інструменту й оснащення (центральний інструментальний склад, центральний абразивний склад тощо); інструментальне господарство виробничих цехів (інструментально-роздавальна комора, абразивно-роздавальна комора, комора пристроїв, дільниця централізованого заточування інструменту, ремонтно-інструментальна дільниця тощо); служба універсально-збірного переналагоджуваного оснащення та ін. Загалом типова структурна схема управління системою ІПВ подана на рисунку 1.1 [4–7].

Рисунок 1.1 – Типова структурна схема управління системою ІПВ

Варто відзначити, що за одиничного типу виробництва машинобудівному підприємству зазвичай не потрібно мати власного інструментального виробництва, тому що сьогодні вже існує достатньо велика кількість іноземних і вітчизняних спеціалізованих підприємств, які можуть постачати на машинобудівні підприємства з таким типом виробництва практично усю номенклатуру необхідних уніфікованих інструментів і інструментального оснащення.

Водночас досить часто, особливо за дрібносерійного та серійного типів виробництв, характерних на сьогодні, вже є зовсім недостатнім для машинобудівного підприємства тільки придбання уніфікованих інструментів і оснащення. Це спонукало спеціалізовані інструментальні підприємства не тільки постачати на машинобудівні підприємства уніфіковані інструменти й інструментальне оснащення, але й надавати велику кількість додаткових послуг, пов'язаних із інструментозабезпеченням основного виробництва. Наприклад, у [8] відзначено п'ять варіантів відносин спеціалізованих підприємств-постачальників інструменту та оснащення з машинобудівними підприємствами України. *Перший варіант* організації процесів інструментозабезпечення містить у собі тільки постачання інструменту у суворій відповідності із специфікацією, яка видається споживачем цього виду продукції. У *другому варіанті* передбачається ще й додаткова послуга постачальника інструментальної продукції з вибору необхідних інструментів та оснащення залежно від зазначених споживачем технологічних процесів основного виробництва, а також відповідальність постачальника за правильний підбір інструментів та оснащення. У *третьому варіанті* постачальник послуг з інструментозабезпечення додатково поставляє інструмент до верстата, здійснює технічну підтримку процесу виробництва, керує складом і відповідає за постійне поліпшення технічної та економічної складової продукції, що виробляється на підприємстві. *Четвертий варіант* інструментозабезпечення основного виробництва сторонніми організаціями передбачає утримання у споживача бригади своїх співробітників для оперативного розв'язання проблем, що виникають на відповідному робочому місці. За *п'ятим варіантом* у додаткові послуги постачальника вноситься відновлення різальних властивостей інструменту, його налаштування поза верстатом, оптимізація процесів оброблення тощо.

Треба відзначити, що сьогодні переважна більшість спеціалізованих інструментальних підприємств працюють за першим варіантом інструментозабезпечення основного машинобудівного виробництва, тобто розв'язують питання постачання тільки уніфікованого інструменту та оснащення у суворій відповідності з офіційно оформленою специфікацією. Питання ж проєктування, розроблення та виготовлення спеціальних інструментів та оснащення, які використовуються під час виготовлення деталей, особливо складної форми, а також технічна підтримка процесів виробництва, відновлення різальних властивостей інструменту, його налаштування та оптимізація процесів оброблення вирішується особисто машинобудівними підприємствами, зокрема й з використанням розробленого постачальниками уніфікованого інструменту та оснащення і рекомендацій щодо їхньої експлуатації. Саме ця обставина і спонукає до створення та функціонування на машинобудівному підприємстві відповідних інструментальних підрозділів типу: інструментальний відділ або інструментальні цех, ділянка тощо. Отже, сучасне машинобудівне підприємство функціонує з використанням у межах інструментальної підготовки виробництва двох майже рівнозначних напрямів свого інструментозабезпечення:

– закупівлі уніфікованих видів інструментів, інструментального та технологічного оснащення;

– проєктування, розроблення та виготовлення спеціальних видів інструментів, інструментального та технологічного оснащення.

Особливістю процесів ІПВ у цьому разі є значна неоднозначність їхнього протікання, що супроводжується багатозначністю їхніх можливих станів, а також варіантів прийняття рішень. Треба брати до уваги, що в момент прийняття рішень щодо ІПВ дуже важливим є отримання найбільш точних і повних даних про стан і потреби основного виробництва, наприклад, стан обладнання, потрібний час постачання інструментів і оснащення тощо. Отримання недостовірних, неповних або неточних даних може викликати ризик невиконання мети ІПВ, а саме – погіршення якості інструментів або невиконання термінів поставки їх на робочі місця, або збільшення (деколи дуже суттєве) витрат на

ІПВ. Звісно, це може спричиняти і погіршення якості продукції основного виробництва, і зриви її поставки замовнику, а отже, і зниження її конкурентоспроможності і внаслідок цього – зменшення прибутку підприємства. Спроба компенсації вказаного недоліку (неякісна інформація про стан і потреби основного виробництва), тобто недопущення ризику неякісного та несвоєчасного виконання узятих на себе перед замовником обов'язків зазвичай призводить до необхідності створення на під-приємстві страхових запасів інструменту й оснащення. З метою ефективного управління ризиком інструментального дефіциту виникає потреба в прогнозуванні. Сутність методів прогнозування полягає в періодичному розробленні сценаріїв протікання процесів ІПВ, у визначенні якості процесів ІПВ, їхніх станів і знаходженні «вузьких місць» в ІПВ. Відомо, що для отримання та аналізу цих даних під час прогнозування необхідні значні витрати часу та матеріальних ресурсів, що потребує суттєвого вдосконалення відомих і вже достатньо широко використовуваних сьогодні методів прогнозування можливих ризиків у системах інструментозабезпечення машинобудівних підприємств. Одним із вагомих чинників у вдосконаленні підходів щодо прогнозування можливих ризиків за ІПВ є використання сучасних інформаційних технологій, тобто створення специфічної системи інформаційної підтримки ІПВ – інформаційної системи (ІС) управління якістю процесів ІПВ, тобто інформаційної системи ІПВ (ІС ІПВ).

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

Унаслідок аналізу нормативного забезпечення виробничих процесів машинобудівних підприємств було встановлено, що діяльність щодо ІПВ ще й досі регламентується, зазвичай, нормативними документами, вимоги до яких розроблені відповідно до положень і принципів забезпечення якості, регламентованих ще в період існування СРСР, наприклад, методичними вказівками, викладеними в [4]. Таке нормативне забезпечення переважно орієнтоване на ведення планового народного господарства, що не дозволяє використовувати весь потенціал чинних на більшості машинобудівних підприємств систем ІПВ для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняного машинобудівного комплексу в сучасних ринкових умовах ведення бізнесу й ефективного використання інформаційних технологій.

У процесі аналізу світового досвіду в галузі 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 такої системи на підприємстві, а також можливості адаптації цих процесів до умов зовнішнього середовища. Це, зі свого боку, 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 чинного сьогодні, відповідно до [4], застарілого документообігу.

Аналіз сучасних тенденцій в управлінні виробництвом машинобудівної галузі засвідчив, що, крім впровадження інформаційних систем, одним з основних напрямків у підвищенні ефективності діяльності підприємств є розроблення й впровадження систем якості, відповідних до принципів TQM, з наступною сертифікацією на відповідність вимогам міжнародних стандартів, наприклад, ДСТУ ISO 9001:2015 [9]. Водночас широке впровадження програмних засобів із 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 межах єдиної інформаційної системи управління підприємством. З погляду формування ІС ІПВ чинні на сьогодні інтегровані системи з питань інструментозабезпечення відводять другорядну роль і не забезпечують інформаційної взаємодії між різними рівнями управління. А інструмент у таких системах є ресурсом,і не аналізується як керований учасник технологічного процесу.

Сьогодні вже існують окремі системи інструментозабезпечення, наприклад, такі як

AutoTAS, Leitz Tool Information Management (TIM), GTMS, які застосовують підхід до управління Tool Management і відповідають сучасним вимогам ефективного управління. Проте в межах цього підходу інструмент, а також його інформаційний супровід не розглядаються з урахуванням сучасних інформаційних технологій, тобто використовувані математичні моделі управління інструментозабезпеченням, розроблені в межах Tool Management, не покривають всі етапи життєвого циклу інструменту і можуть бути використані тільки в обмежених умовах [10–13], найчастіше під час створення нових інструментів. Наприклад, система управління ІПВ, розроблена в межах Tool Management, може бути використана для отримання складань інструментів і карти інструменту, що використовується в розробленні робочих циклів; у разі CAM-програмування та підготовки інструментів у їхніх профілях; для забезпечення відповідної раціоналізації і стандартизації інструменту (рис. 1.2).

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

– організацію і створення файлів для формування елементів, їхнього простежування, сфери застосування;

– автоматичну генерацію кодів елементів, які повинні бути пов'язані з аналоговими функціями програмного забезпечення для управління підприємством;

– ручне або автоматичне створення складальних вузлів і автоматичну генерацію коду складання і геометричних параметрів складання;

– створення шляхів із запчастинами і комплектувальними частинами;

– ідентифікацію експлуатації інструментів та їхньої утилізації;

– графічне подання окремих елементів і елементів завершеного складеного інструменту;

– генерацію карт інструменту та моніторингу елементів, які використовуються;

– інтеграцію із системою CAM, що дозволяє передання складальних креслень і зв'язок між двома середовищами;

– інтеграцію з номерами інструменту з програмного забезпечення.

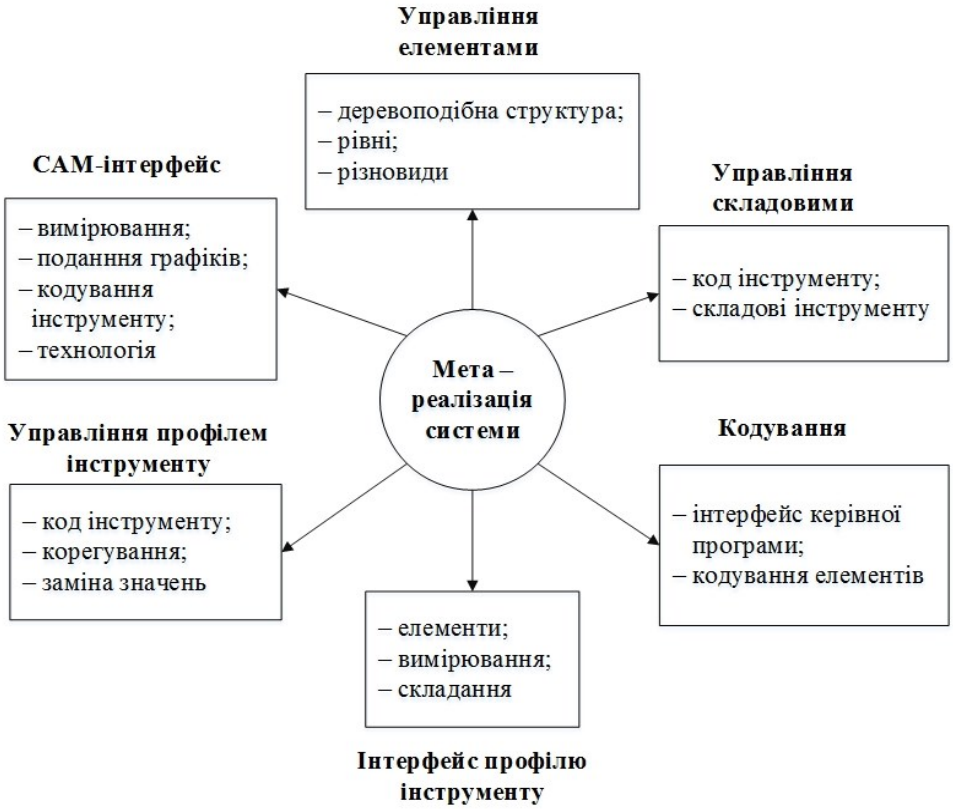


Рисунок 1.2 – Система управління інструментом, розроблена в межах Tool Management

Будь-яка продукція, що випускається підприємством, проходить через етапи, які мають певну послідовність і охоплюють усі сфери виробництва та послуг. Ці етапи взаємозалежні і становлять життєвий цикл (ЖЦ) продукції. Етапи ЖЦ утворюють «петлю якості» – концептуальну модель взаємозалежних видів діяльності, що впливають на їхню якість на різних стадіях – від визначення потреб замовника до оцінювання їхнього задоволення. Водночас ЖЦ продукції інструментального господарства промислового підприємства (інструментальне та технологічне оснащення, різальні та вимірювальні інструменти тощо) характеризується деякими особливостями, пов'язаними з використанням цієї продукції, насамперед для цілей власного основного виробництва. Крім того, на більшості вітчизняних машинобудівних підприємств на сьогодні, зазвичай, організовується власне проєктування та виготовлення спеціалізованих видів технологічного оснащення та інструментів як у спеціальних бюро, відділах, ділянках основних цехів, так і окремих цехах із достатньо великою номенклатурою виробів, які здебільшого 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). Водночас аналіз засвідчує, що застосування Tool Management практично на будь-якому підприємстві у процесі ІПВ, по своїй суті, зводиться до управління профілями (картами) інструменту та оснащення і майже не враховує цю специфіку ІПВ.

Крім Tool Management, інструментальне виробництво сьогодні, як вже відзначалося, є одним із основних споживачів ринку CAD/CAM-систем і послуг [2]. Саме тому можна стверджувати, що проблема комп'ютеризації ІПВ не повинна обмежуватися тільки питаннями так званого наскрізного комп'ютерного проєктування й виробництва лише нових виробів. Вони можуть відповідно до сучасних світових тенденцій успішно використовуватися в управлінні якістю, плануванні ресурсів і потужностей, а також у підвищенні ефективності й результативності всіх без винятку процесів, зокрема й ІПВ, що забезпечують життєдіяльність підприємства.

Із сучасної практики можна зробити висновок про те, що система менеджменту підприємства сьогодні значною мірою характеризується ступенем використання сучасних інформаційних технологій, основу яких становлять модулі, які відповідають вимогам стандартів так званих CALS-технологій [14]. 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 ЄІП / інтегрованого інформаційного середовища (ІІС), що забезпечує способи взаємодії всіх учасників цього циклу: замовників продукції (зокрема 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].

На економічні показники підприємств, що застосовують CALS-технології, безпосередньо впливають такі чинники [21]:

– скорочення витрат і трудомісткості процесів технічної підготовки й освоєння виробництва нових виробів;

– скорочення термінів виходу на ринок нових конкурентоспроможних виробів;

– скорочення браку і витрат, зв'язаних із внесенням змін до конструкції;

– збільшення обсягів продажів виробів, оснащених електронною технічною документацією (зокрема експлуатаційною), розробленою відповідно до вимог міжнародних стандартів;

– скорочення витрат на експлуатацію, обслуговування і ремонт виробів, які для складної наукомісткої продукції часом можуть бути однаковими або навіть і перевищувати витрати на її закупівлю.

Незважаючи на те, що CALS-технології впроваджуються вже більше ніж 30 років, останніми роками з'явилася велика кількість праць, присвячених їхньому розробленню, впровадженню та підтримці [14–21]. Сьогодні для управління матеріальними ресурсами на переважній більшості підприємств вже досить ефективно застосовують модулі ERP-систем і інший інструментарій (PDM, CRSP, SRM, OLAP, DM та ін.) [6, 7].

Вивчають сучасні інформаційні технології і

проблеми їхнього впровадження у виробництво такі вчені: Г. Г. Верніков [22], А. І. Левін і Є. В. Судов [23, 24] та ін.

Інформаційному забезпеченню на промислових підприємствах присвячені роботи В. П. Волкова [25], М. П. Куцевича [26], В. А. Окулесського [27], О. Н. Чорної [28].

Отже, CALS-технології являють собою методологію створення єдиного інформаційного простору на промисловому підприємстві, що може забезпечити однакові способи керування процесом і взаємодією всіх учасників ЖЦ продукції (замовників продукції, виробників продукції, працівників експлуатаційного і ремонтного напрямів діяльності) на всіх його стадіях, а також взаємодію всіх промислових автоматизованих систем (АС). В інтегрованому інформаційному середовищі повинні діяти єдині, стандартні правила зберігання, оновлення, пошуку і передавання інформації, через які здійснюється безпаперова взаємодія між усіма учасниками життєвого циклу виробу.

Водночас інформація, яка зберігається в інтегрованому інформаційному середовищі, не дублюється і не вимагає в процесі обміну будь-якого перекодування. Заразом перехід до інтегрованого інформаційного середовища потребує освоєння принципово нових засобів інженерної праці та зміни нормативної бази у зв'язку з тим, що сьогодні переважна більшість конструкторів, технологів і виробників, вихованих на основі тієї взаємодії, що ґрунтується на сотнях стандартів ЕСКД і ЕСТД та детальній регламентації ведення справ із використанням паперової документації, не зовсім готові до взаємодії в умовах застосування CALS-технологій. У цих умовах взаємодія всіх учасників життєвого циклу створення, виготовлення та експлуатації виробу повинна зазнати докорінних змін, зокрема і у сфері її оснащення відповідними сучасними засобами та необхідною нормативною базою, яка б узаконювала нові способи і засоби інформаційного обміну, що повинні замінити традиційний паперовий документообіг. Крім того, предметом CALS є також як методи й засоби взаємодії різних АС і їхніх підсистем, так і самі АС із урахуванням усіх видів їхнього забезпечення [29].

Для розв'язання завдання взаємодії процесів виробництва та інформаційних систем сьогодні розробляється програмне забезпечення інтегрованих інформаційних систем підприємства на основі концепції систем PLM (Product Lifecycle Management) [30]. Вивчення можливостей вітчизняних і закордонних PLM-систем продемонструвало, 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, які визначають ефективність роботи підприємства, водночас вже 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 у своїй роботі [30] запропонував інтегровану інформаційну систему управління (ІІСУ) (рис. 1.3), яка забезпечує комплексну автоматизацію функцій CAD/CAM/CAE/PDM/FRP/MRP/MES-систем, а також програмну інтеграцію ІІСУ та ERP-систем у єдиний інформаційний простір машинобудівного підприємства.

Стратегія CALS ґрунтується на таких основних принципах: реінжиніринг бізнес-процесів; застосування сучасних інформаційних технологій; застосування методів «паралельного» розроблення; стандартизація в галузі спільного використання даних і електронного обміну даними [15]. Інформаційній підтримці життєвого циклу машинобудівної продукції присвячені роботи А. М. Ковшова [31], С. В. Назарова [32] та ін.

Життєвий цикл виробів містить низку етапів, починаючи від зародження ідеї нового продукту до його утилізації після закінчення терміну використання. До них належать етапи маркетингових досліджень, проєктування, технологічної підготовки виробництва (ТПВ), власне виробництво, післяпродажне обслуговування й експлуатація продукції, її утилізація.

На всіх етапах учасники ЖЦ прагнуть досягти поставлених цілей із максимальною ефективністю. На етапах проєктування, ТПВ і виробництва потрібно забезпечити виконання вимог, пропонованих до продукту, який виробляється, за заданого ступеня надійності виробу й мінімізації матеріальних і тимчасових витрат, що необхідно для досягнення успіху в конкурентній боротьбі в умовах ринкової економіки.

Рисунок 1.3 – Структура ІІСУ машинобудівного підприємства

Поняття ефективності охоплює не тільки зниження собівартості продукції та скорочення термінів проектування і виробництва, але й забезпечення її якості, конкурентоспроможності та зручності освоєння й зниження витрат на майбутню експлуатацію та утилізацію виробів.

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

Зважаючи на ту обставину, що ІПВ прямо чи опосередковано належить до всіх без винятку етапів ЖЦ будь-якого виробу, коротко розглянемо під кутом ефективного використання сучасних інформаційних технологій (CALS-технологій) структурні складові (процеси) кожного з них (див. рис. 1.4).

Метою маркетингових досліджень насамперед є аналіз стану ринку та прогнозне оцінювання 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], що 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 продемонструвало, що в них

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

реалізована інтеграція в єдиний інформаційний простір машинобудівного підприємства CAD/CAM/CAE/PDM-систем, тобто процеси конструкторської й технологічної підготовки виробництва.

До базових принципів CALS/PLM належать [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;

– безпаперове подання інформації, використання електронно-цифрового підпису; вживання розрахованої на багато користувачів бази даних;

– паралельний інжиніринг бізнес-процесів, що припускає виконання процесів розроблення і проєктування одночасно з моделюванням процесів виготовлення й експлуатації; безперервне вдосконалення підприємницької діяльності (реінжиніринг бізнес-процесів).

Технологія управління всіма процесами містить: управління проєктами і завданнями; управління ресурсами; управління якістю; інтегровану логістичну підтримку.

На етапі проєктування виконуються проєктні процедури – формування принципового рішення, розроблення геометричних моделей і креслень, розрахунки, моделювання процесів, оптимізація тощо. Етап проєктування містить усі необхідні стадії, починаючи із зовнішнього проєктування, вироблення концепції (вигляду) виробу й закінчуючи випробуваннями пробного зразка або партії виробів. Зовнішнє проєктування звичайно містить розроблення технічної та комерційної пропозицій і формування технічного завдання на основі результатів маркетингових досліджень і / або вимог, поставлених замовником.

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

Для розв'язання 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 пов'язувальною ланкою між технічними (проектувальними) та організаційно-економічними (керівними) системами підприємства. Системи PDM або входять до складу модулів конкретної САПР, або мають самостійне значення й можуть працювати разом із різними САПР. Функції сучасних систем PDM – супровід документообігу на рівні наявних варіантів рішень, що для виробництва в сучасних умовах є особливо актуальним.

Метою PDM-системи є забезпечення повноти, цілісності та актуальності інформації про виріб і доступність її для всіх учасників життєвого циклу (ЖЦ) виробу відповідно до наявних у них прав. Для досягнення цієї мети система повинна виконувати такі функції [20, 29]:

- взаємодія з іншими автоматизованими системами;
- управління різноманітними нормативно-довідковими розділами бази даних (БД), системами класифікації і переліком предметів;
- управління версіями виробу;
- управління варіантами складу виробу;
- управління конфігурацією виробу;
- управління характеристиками об'єктів БД;
- зберігання різноманітних документів;
- управління змінами;
- використання електронного цифрового підпису;
- ведення організаційної структури та управління ролями співробітників;
- управління технологічними даними;
- управління потоками робіт;
- управління описом примірників (дослідних зразків) і партій виробу;
- пошук об'єктів БД за різноманітними критеріями;
- управління розмежуванням доступу до об'єкта БД;
- генерація звітів.

Для того, щоб під час організації спільної роботи різних служб підприємства, що використовують різні системи автоматизації, успішно розв'язували питання інформаційної сумісності, у PDM-системі підтримується нейтральна модель даних, яка може репрезентувати різноманітні дані про виріб. Такою моделлю сьогодні є міжнародний CALS-стандарт: ISO 10303-STEP, який регламентує логічну структуру БД, номенклатуру інформаційних об'єктів, що зберігаються в БД, їхні атрибути та зв'язку. Взаємодія з БД реалізується через програмний інтерфейс SDAI (ISO 10303-22) за допомогою текстового обмінного файлу STEP (ISO 10303-23), роботу з яким підтримує більшість сучасних CAD/CAM-систем. Відмінною особливістю стандарту STEP є наявність методики розширення інформаційної моделі даних, що дозволяє адаптувати стандартну інформаційну модель під потреби конкретної галузі, підприємства або його підрозділу.

Отже, розвиток ідеології побудови систем автоматизації виробничих процесів вимагає більш глибокого впровадження автоматизованих комплексів у потоки конструкторської, технологічної й організаційно-економічної інформації, оскільки електронна модель виробу сьогодні вже може успішно об'єднувати і систематизувати дані з різних інформаційних автоматизованих підсистем підприємства (CAD, CAM, CAE та ін.). Отже, відповідно до вимог до інтегрованих автоматизованих систем на основі сучасних інформаційних технологій у моделі обов'язково повинна відображатися інформація не тільки про виріб, але і пов'язане з ним відповідне середовище, що супроводжує його на всіх без винятку етапах ЖЦ, – інструменти, пристрої, оснащення, устаткування, персонал тощо, – що і потребує використання інформаційних підсистем типу PLM, ERP, ITEM та ін. (див. рис. 1.4)

Впровадження систем PLM дозволяє скоротити тривалість етапу розроблення завдяки підвищенню ефективності взаємодії, підвищенню кількості повторно використовуваних (типових) деталей і запозичених рішень, скороченню витрат на усунення помилкових рішень тощо [38].

Тривалість етапу *підготовки виробництва* також відчутно скорочується із впровадженням систем PLM у тому разі, коли ще до початку цього етапу вже є повна й достовірна специфікація на виріб, що випускається. На цьому етапі розробляються маршрутна й операційна

технології виготовлення деталей, реалізовані зокрема 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 комплектувальних із їхнім вхідним контролем; усі необхідні види оброблення деталей; контроль результатів оброблення; складання; випробування та підсумковий контроль.

У системі ERP (Enterprise Resource Planning – система планування ресурсів) – підсистемах CRM (Customer Relationship Management або управління відносинами з клієнтами), SCM (Supply Chain Management або управління ланцюгами поставок), MRP – реалізовані також нові підходи до застосування графіки, використання реляційних баз даних, CASE-технологій (Computer-Aided Software Engineering) для їхнього розвитку, архітектури обчислювальних систем типу «клієнт-сервер» і реалізації їх як відкритих систем. Системи цього класу здебільшого орієнтовані на роботу з фінансовою інформацією для розв'язання завдань управління у великих корпораціях із територіально розпорошеними ресурсами. Сюди вноситься все, що є необхідним для отримання ресурсів, виготовлення продукції, її транспортування і розрахунків із замовниками.

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

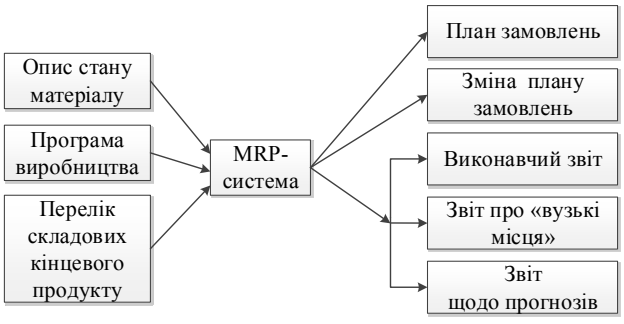


Рисунок 1.5 – Вхідні та вихідні дані системи MRP [39]

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]. По суті, MRP-методологія являє собою сукупність методів та алгоритм оптимального управління замовленнями на готову продукцію, виробництвом і запасами сировини й матеріалів, реалізовану за допомогою автоматизованих комп'ютерних систем. MRP-система дозволяє оптимально завантажувати виробничі потужності і водночас 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 сировини й комплектувальних, так і склади готової продукції [39].

Цикл роботи MRP-системи складається з таких основних робіт (процесів):

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

2. Внесення в систему планування як окремих пунктів матеріалів і комплектувальних, не внесених до виробничої програми, але вказаних у поточних замовленнях.

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

4. Розрахунок на основі повної потреби в кожному матеріалі з урахуванням його поточного статусу для кожного періоду часу, чистої потреби в 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 із метою уникнення передчасного постачання чи затримки постачання в усі замовлення, створені раніше поточного періоду планування.

Для того, щоб виробнича програма була здійснена, необхідно також, щоб для виготовлення потрібної кількості виробів наявні виробничі потужності змогли обробити потрібну кількість сировини, матеріалів і комплектувальних,

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 ґрунтується на відповідному стандарті MRP-II, розробленому в США та підтримуваному американським суспільством, із контролю над виробництвом і запасами – American Production and Inventory Control Society (APICS). APICS регулярно видає документ «MRP-II Standart System», у якому описуються основні вимоги до інформаційних виробничих систем. Система MRP-II містить 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. Оцінювання результатів діяльності.

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

– орієнтація системи управління лише на чинні замовлення;

– слабка інтеграція із системами проектування продукції;

– слабка інтеграція із 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, які реалізують порівняно з MRP-II такі додаткові модулі:

– прогнозування;

– управління проєктами 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 завдяки підвищенню ефективності операцій; зменшення часу виходу продуктів на ринок; зниження витрат і браку; підвищення якості продукції; опрацювання замовлень за замкнутим циклом;

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

Отже, 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 і транспортуванням готової продукції. На післявиробничих етапах ЖЦ (експлуатація та утилізація) виконуються: монтаж у споживача; обслуговування та ремонт у процесі експлуатації; утилізація.

Для оптимізації управління логістичними ланцюгами 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 за допомогою 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 динамічно перетворюється на детальні інструкції з виробництва й планування. 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.

Сьогодні для оптимізації процесів виробництва та для підтримки конкурентоспроможності продукції виникла потреба в розробленні моделі діяльності підприємства, яка відображає всі механізми й принципи взаємозв'язку різних підсистем у межах одного бізнесу. Для розв'язання завдань моделювання таких систем існують методології й стандарти, до яких належать методології сімейства IDEF [27, 42, 43]. Особливість цих стандартів полягає в можливості з їхньою допомогою ефективно відображати й аналізувати моделі діяльності широкого спектра складних систем підприємства. Водночас широта й глибина обстеження процесів у системі визначається самим розробником, що дозволяє не перевантажувати створювану модель зайвими даними.

Розвиток і практичне застосування методології IDEF під час впровадження 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 та В. А. Окулесський [27], G. J. Colquhoun [49], J. Sarkis [50], Li Qingquan [51], R. J. Mayer [52–54] та інші.

Сьогодні до сімейства IDEF можна віднести такі стандарти [55]: IDEF0 – методологія функціонального моделювання; IDEF1 – методологія моделювання інформаційних потоків усередині системи, що дозволяє відображати й аналізувати їхню структуру і 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, під час дослідження технологічних процесів на підприємствах; IDEF4 – методологія побудови об'єктно-орієнтованих систем; IDEF5 – методологія онтологічного дослідження складних систем.

Отже, 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 і підвищити конкурентоспроможність продукції, що випускається, та підприємства загалом.

Аналіз інструментарію систем PDM, CRSP, SRM, OLAP, DM тощо стосовно кожного етапу ЖЦ продукції демонструє, що модулі цих систем частково виконують однакові функції. Водночас аналіз показує, що стосовно системи ІПВ машинобудівного виробництва ці модулі практично не враховують специфіку й особливості ЖЦ технологічного оснащення й інструментів (рис. 1.6).

Водночас управління якістю розглядається як складова загальної системи управління підприємством і якість наявна у всіх елементах управління бізнесом як критерій досягнення постійного зростання його потенціалу. Крім того, система управління якістю, не інтегрована в інформаційну систему менеджменту підприємства, практично не дає переваг під час використання навіть найсучасніших комп'ютерних технологій у виробництві й випуску промислової продукції.

Отже, вимоги до нормативного забезпечення як системи ІПВ, так і підприємства загалом сьогодні повинні забезпечувати відповідність не тільки принципам TQM, але й вимогам CALS-систем. Водночас треба брати до уваги ту обставину, що однією з вимог світового ринку до виробництва будь-якої продукції є забезпечення її якості на всіх етапах життєвого циклу. Суттєвого прогресу в питаннях інформаційної підтримки заказника на етапах експлуатації і сервісного обслуговування виробу можна досягти за допомогою впровадження системи IETM – Interactive Electronic Technical Manual (див. рис. 1.4). У вітчизняному досвіді вкорінилась абревіатура-переклад – ІЕТК (інтерактивні електронні технічні керівництва). Аналіз відповідності вимог стандартів систем ERP і інших інструментів CALS вимогам стандарту ДСТУ ISO 9001:2015

(табл. 1.1) дозволив установити, що сучасні інформаційні системи дозволяють здійснювати ефективну підтримку процесів системи менеджменту якості машинобудівного підприємства. Крім того, управління інструментозабезпеченням у чинних стандартах CALS-технологій розглядається найчастіше як інструментарій основного виробництва для управління ресурсами, запасами, замовленнями тощо.

Варто зазначити, що в таблиці 1.1 немає розділів 1–3 (сфера застосування, нормативне посилання, терміни та визначення понять), які містять загальну інформацію щодо стандарту та управління якістю.

Таблиця 1.1 – Відповідність вимог стандартів систем ERP і інших модулів CALS вимогам стандарту ДСТУ ISO 9001:2015

Розділ стандарту ДСТУ ISO 9001:2015	**CALS (модулі)**
1	2
4. Середовище організації	
4.1 Розуміння організації та її середовища. 4.2 Розуміння потреб і очікувань зацікавлених сторін. 4.3 Визначення сфери застосування системи управління якістю. 4.4 Система управління якістю та її процеси	ERP-CRM – системи управління взаємовідносинами з клієнтами. ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. QA – системи забезпечення якості
5 Лідерство	
5.1 Лідерство та зобов'язання. 5.2 Політика	ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства
6 Планування	
6.1 Дії стосовно ризиків і можливостей. 6.2 Цілі у сфері якості та планування дій для їхнього досягнення. 6.3 Планування змін	ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. ERP-DSS – системи підтримки прийняття управлінських рішень. ERP-OLAP – системи аналітичного оброблення даних про підприємство в реальному часі
7 Підтримання системи управління	
7.1 Ресурси 7.1.1 Загальні положення. 7.1.2 Людські ресурси. 7.1.3 Інфраструктура. 7.1.4 Середовище. для функціонування процесів. 7.1.5 Ресурси для моніторингу та вимірювання. 7.1.6 Знання організації	ERP-CRM – системи управління взаємовідносинами з клієнтами. MRP/MRP II – системи планування матеріальних і виробничих ресурсів підприємства. HRM – системи управління персоналом (кадрами). Tool Management – системи забезпечення інструментом. CAQ – системи автоматизації контролю якості. AS/RS – автоматизовані складські системи. ERP-WMS – системи управління, що забезпечують комплексну автоматизацію управління складськими процесами. ERP-SCM – системи автоматизації й управління всіма етапами постачання підприємства та контролю за рухом товару на підприємстві. ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. ERP-OLAP – системи аналітичного оброблення даних про підприємство в реальному часі
7.2 Компетентність	HRM – системи управління персоналом (кадрами)

Продовження таблиці 1.1

1	2
7.3 Обізнаність	ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. HRM – системи управління персоналом (кадрами)
7.4 Інформування	EDI – системи обміну документами. ERP-CRM – системи управління взаємовідносинами з клієнтами. ERP-OLAP – системи аналітичного оброблення даних про підприємство в реальному часі. ERP-SCM – системи автоматизації й управління всіма етапами постачання підприємства та контролю за рухом товару на підприємстві. ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства
7.5 Задокументована інформація 7.5.1 Загальні положення. 7.5.2 Створювання та актуалізування. 7.5.3 Контроль задокументованої інформації	TDM – системи підготовки комплектів технологічної документації. EDI – системи обміну документами. ERP-SCM – системи автоматизації й управління всіма етапами постачання підприємства і для контролю за рухом товару на підприємстві. ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. ERP-OLAP – системи аналітичного оброблення даних про підприємство в реальному часі
8 Виробництво	
8.1 Оперативне планування та контроль	PDM-FW – системи календарного планування. ERP-SCM – системи автоматизації й управління всіма етапами постачання підприємства і для контролю за рухом товару на підприємстві. ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. ERP-DSS – системи підтримки прийняття управлінських рішень. ERP-OLAP – системи аналітичного оброблення даних про підприємство в реальному часі
8.2 Вимоги щодо продукції та послуг 8.2.1 Інформаційний зв'язок із замовниками. 8.2.2 Визначення вимог щодо продукції та послуг. 8.2.3 Аналізування вимог щодо продукції та послуг. 8.2.4 Зміни до вимог щодо продукції та послуг	MRP/MRP II – системи планування матеріальних і виробничих ресурсів підприємства. PDM-FW – системи календарного планування. Управління проєктною конфігурацією: CAD – системи автоматизованого розроблення креслярської документації. CAM – системи проєктування виробничих технологій. CAE – системи автоматизованого інженерного аналізу. TDM – системи підготовки комплектів технологічної документації. Засоби ідентифікації й автентифікації інформації (засоби ЕЦП). PDM-EDM – системи управління інженерними даними. PDM-LM – системи управління даними про життєвий цикл виробу. ERP-SCM – системи автоматизації й управління всіма етапами постачання підприємства і для контролю за рухом товару на підприємстві ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. ERP-DSS – системи підтримки прийняття управлінських рішень
8.3 Проєктування та розроблення продукції та послуг 8.3.1 Загальні положення. 8.3.2 Планування проєктування та розроблення. 8.3.3 Вхідні дані проєктування та розроблення. 8.3.4 Засоби контролю проєктування та розроблення. 8.3.5 Вихідні дані проєктування та розроблення. 8.3.6 Зміни в проєкті та розробці	

Продовження таблиці 1.1

1	2
8.4 Контроль надаваних ззовні процесів, продукції та послуг 8.4.1 Загальні положення. 8.4.2 Вид та обсяг контролю. 8.4.3 Інформація для зовнішніх постачальників	MRP/MRP II – системи планування матеріальних і виробничих ресурсів підприємства. ERP-SCM – системи автоматизації й управління всіма етапами постачання підприємства і для контролю за рухом товару на підприємстві. ERP-CPM – системи автоматизації процесів планування, бюджетування, управлінського аналізу і звітності. ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. ERP-DSS – системи підтримки прийняття управлінських рішень
8.5 Виготовлення продукції та надання послуг 8.5.1 Контроль виготовлення продукції та надання послуг. 8.5.2 Ідентифікація та простежуваність. 8.5.3 Власність замовників або зовнішніх постачальників. 8.5.4 Збереження. 8.5.5 Діяльність після постачання. 8.5.6 Контроль змін	MES – система управління виробничими процесами. CAQ – системи автоматизації контролю якості. AS/RS – автоматизовані складські системи. ERP-WMS – системи управління, що забезпечують комплексну автоматизацію управління складськими процесами. ERP-SCM – системи автоматизації й управління всіма етапами постачання підприємства і для контролю за рухом товару на підприємстві. ERP-CPM – системи автоматизації процесів планування, бюджетування, управлінського аналізу і звітності. ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства ERP-DSS – системи підтримки прийняття управлінських рішень. ERP-OLAP – системи аналітичного оброблення даних про підприємство в реальному часі. ІЛП – системи інтегрованої логістичної підтримки. QA – системи забезпечення якості. Засоби ідентифікації й автентифікації інформації (засоби ЕЦП)
8.6 Випуск продукції та послуг	
8.7 Контроль невідповідних виходів	
9 Оцінювання дієвості	
9.1 Моніторинг, вимірювання, аналізування та оцінювання 9.1.1 Загальні положення. 9.1.2 Задоволеність замовника. 9.1.3 Аналізування та оцінювання	ERP-CRM – системи управління взаємовідносинами з клієнтами. ERP-CPM – системи автоматизації процесів планування, бюджетування, управлінського аналізу і звітності. ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. ERP-DSS – системи підтримки прийняття управлінських рішень. ERP-OLAP – системи аналітичного оброблення даних про підприємство в реальному часі. QA – системи забезпечення якості
9.2 Внутрішній аудит	QA – системи забезпечення якості
9.3 Аналізування системи управління 9.3.1 Загальні положення. 9.3.2 Вхідні дані аналізування системи управління. 9.3.3 Вихідні дані аналізування системи управління	ERP-CPM – системи автоматизації процесів планування, бюджетування, управлінського аналізу і звітності. ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. QA – системи забезпечення якості
10 Поліпшування	
10.1 Загальні положення. 10.2 Невідповідність і коригувальні дії. 10.3 Постійне поліпшування	CAQ – системи автоматизації контролю якості. QA – системи забезпечення якості. ERP-ECM – системи управління інформаційними ресурсами підприємства. ERP-DSS – системи підтримки прийняття управлінських рішень. ERP-OLAP – системи аналітичного оброблення даних про підприємство в реальному часі

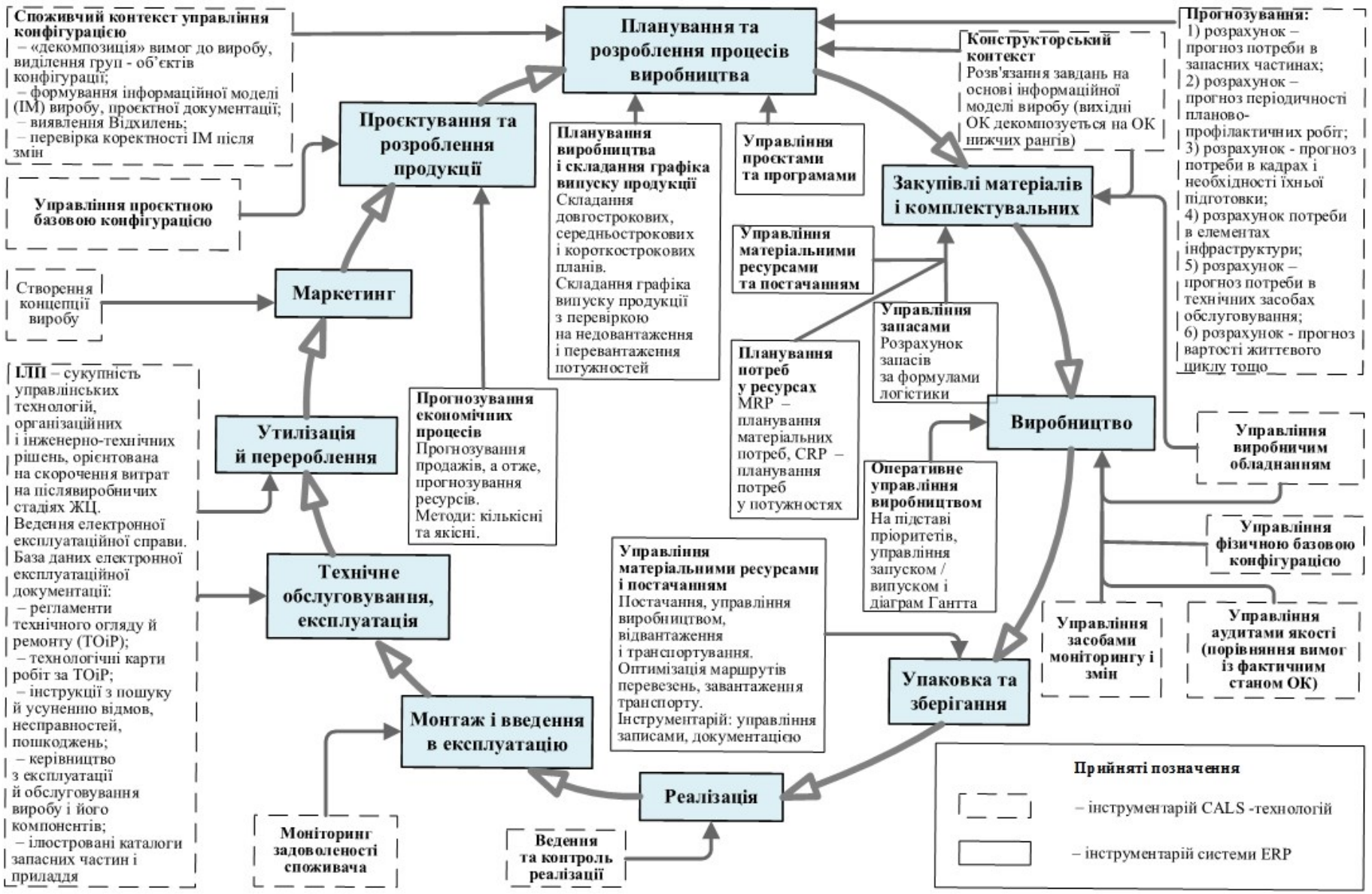


Рисунок 1.6 – Інструментарій ERP-систем і інших інструментів CALS на кожному етапі ЖЦ продукції

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

Одним із способів 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, насамперед системи менеджменту якості, й дозволить здійснити ефективну підтримку процесів ЖЦ продукції інструментального господарства.

Аналіз рисунка 1.6 і таблиці 1.1 демонструє, що в CALS-технологіях управління інструментальним господарством забезпечують модулями управління ресурсами, запасами, замовленнями тощо. Однак у процесі проведених досліджень було встановлено, що під час управління ІПВ не достатньо керуватися лише принципами управління матеріальними ресурсами. Тут необхідно враховувати, крім того, принципи управління підприємством загалом, тому що сьогодні на вітчизняних машинобудівних підприємствах левову частку інструментального господарства ще зазвичай становить інструмент і оснащення власного виготовлення.

Отже, у такому разі можуть бути застосовні модулі CALS-технологій, що стосуються кожного етапу ЖЦ основної продукції й забезпечення її якості, з урахуванням специфіки ІПВ. Також під час аналізу сучасних тенденцій в управлінні підприємством можна зробити висновок, що нормативне забезпечення системи ІПВ в умовах застосування сучасних досягнень у сфері інформаційної підтримки виробництва повинне враховувати не тільки вимоги й принципи стандарту ДСТУ ISO 9001:2015, але й забезпечувати вимоги й принципи стандартів CALS-технологій.

Водночас дослідження (див. рисунок 1.6 і таблицю 1.1) продемонструвало, що вимоги й принципи до систем ERP і інших інструментів CALS-технологій не завжди забезпечують можливості проведення аналізу ризиків і попередження можливих збоїв.

Отже, одним із напрямків поліпшення діяльності машинобудівного підприємства, пов'язаним з інструментозабезпеченням, є розроблення нормативного забезпечення системи ІПВ на основі впровадження інформаційних технологій, які б дозволяли застосовувати на їхній базі методи прогнозування й оптимізації процесів.

1.3 Методи прогнозування

Як зазначалось у підрозділі 1.1, прогнозування є одним із інструментів під час управління інструментозабезпеченням машинобудівного підприємства. Однією із 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 дає можливість розкрити стійкі тенденції або обґрунтувати виникнення істотних змін у процесах, які цієї миті є недоступними для безпосереднього сприйняття й перевірки на практиці, і ґрунтується на основі виявлення й правильного оцінювання стійких зв'язків і залежностей між минулим, сьогоденням і майбутнім. Отже, прогнозування є спеціальним науковим дослідженням перспектив розвитку процесів у майбутньому плановому періоді й дозволяє виявити можливі альтернативні варіанти, зібрати необхідний науковий і емпіричний матеріал для обґрунтованого вибору й прийняття відповідного рішення.

Якість прогнозування залежить від правильного вибору методу прогнозування, оцінювання ймовірності й інтерпретації результатів прогнозу. Тому для досягнення якості прогнозу необхідне знання методологічних підходів прогнозування та можливостей конкретних методів.

У розвиток методологічних основ 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 та інші.

Аналіз [56–63] засвідчив що сьогодні методи прогнозування можна класифікувати за чотирма ознаками: ступенем формалізації, періодом попередження, об'єктом дослідження та масштабом прогнозування.

Сьогодні в економічно розвинених країнах усе більшого поширення набуває використання формалізованих моделей прогнозування. Ступінь формалізації перебуває в прямій залежності від розмірів підприємства: чим більшим є підприємство, тем більшою мірою її керівництво може й повинне використовувати формалізовані підходи у фінансовій політиці. У [58] відзначається, що близько 50 % великих підприємств і близько 18 % дрібних і середніх фірм воліють в управлінні витратами й аналізі фінансового стану підприємства орієнтуватися на формалізовані кількісні методи.

На основі узагальнення світового та вітчизняного досвіду можна подати таку класифікацію методів прогнозування за ступенем формалізації [56–63] (рис. 1.7).

Сучасні методи прогнозування засновані на використанні багатьох 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 та ін.

Кожен процес ІПВ характеризується: специфічним обсягом завдань та особливими підходами до їхнього розв'язання; певним складом і рівнем підготовки та кваліфікації персоналу; матеріальними й фінансовими ресурсами тощо. Характер, структуру цілей і завдань прогнозування, а також вибір методів їхнього розв'язання значною мірою визначають специфічні особливості процесів, які розглядаються, що потребує необхідності розроблення окремих рекомендацій щодо вибору методів прогнозування на кожному етапі ЖЦ процесів ІПВ.

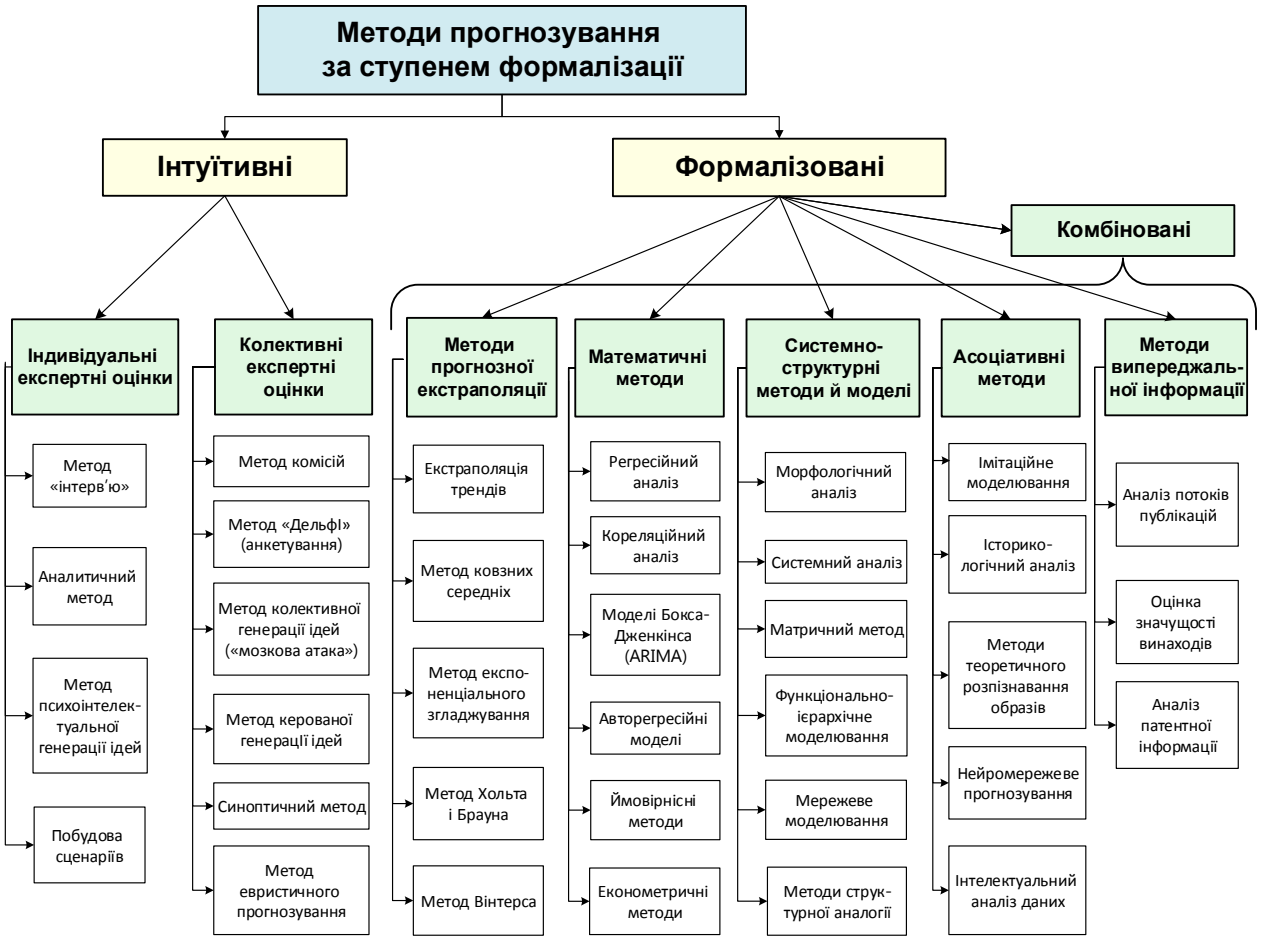


Рисунок 1.7 – Класифікація методів прогнозування за ступенем формалізації

1.4 Проблеми створення системи техніко-економічних показників інформаційної системи управління якістю інструментальної підготовки виробництва

1.4.1 Основні засади побудови системи техніко-економічних показників

Створення системи техніко-економічних показників (далі – ТЕП) ІС ІПВ є одним із інструментів репрезентування, конкретизації та реалізації її життєвого циклу. Це надає можливість наочного подання реальної картини та подальших перспектив розвитку ІС ІПВ, її оцінки, виявлення взаємозв'язків і взаємодії різних чинників техніки та економіки, що впливають на ІС ІПВ, виявлення резервів виробництва інструменту та оснащення, опрацювання заходів для раціоналізації використання інструментів і ТО та ресурсів для його виготовлення тощо.

Саме поняття «техніко-економічні показники» підприємства широко застосовується і означає величини, які характеризують матеріально-виробничу базу підприємств, використання знарядь і предметів праці, організацію виробництва та витрати на виробництво продукції [64].

Розвивали теорії та методи управління ТЕП такі вчені, як A. Atkinson [65], А. Е. Воронкова [66], С. С. Гоголін [67], В. А. Залєсов [68], Е. М. Косматов [69], Р. Каплан та Д. Нортон [70–72] та багато інших.

Згідно з [64] класичні системи поділяють ТЕП підприємства на загальні, тобто єдині для підприємств усіх галузей, та специфічні, які відображають особливості виробництв в окремих галузях. До загальних показників відносять, наприклад, ступінь спеціалізації і механізації виробництва, коефіцієнти електро- та енергоозброєності праці та інші. Аналіз робіт у сфері оцінювання й управління ТЕП [73–79] продемонстрував, що для характеристики й оцінювання підприємства та його техніко-економічного рівня використовують специфічні ТЕП, до основних із яких можна віднести: зниження собівартості і зростання продуктивності праці, виробіток, обсяг реалізації, вартість активів, рівень автоматизації і механізації підприємства; відносне й абсолютне зменшення або збільшення кількості працівників на підприємстві, чистий прибуток, фондовіддача та фондомісткість, продуктивність праці, показники рентабельності, поліпшення рівня виробництва завдяки новим технічним пропозиціям та інноваціям тощо. Специфічні ТЕП зазвичай характеризують структурні та якісні зміни продукції, що випускається, рівень і стан технічної оснащеності підприємства, ефективність використання обладнання та ін. До цієї групи показників найчастіше відносять: матеріаломісткість виробництва; продуктивність праці, що зазвичай виражена в натуральному значенні; обсяги виробництва продукції, що випускається, з використанням технічного обладнання і сучасних технологічних процесів.

У роботі [80] запропоновано підрозділяти специфічні ТЕП на такі групи:

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

Сьогодні звітність сучасних підприємств ґрунтується на використанні переважно економічних (фінансових) показників чинних систем ТЕП, що недостатньо відображає технічний рівень виробництва. Ще в 1996 р. Р. Каплан й Д. Нортон [72], а R. Horváth у 2007 р. зазначили, що такий підхід до створення систем ТЕП має важливі недоліки: «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 робити сьогодні й завтра для створення майбутньої вартості компанії» [81]. Водночас переважне використання сучасними підприємствами саме такого підходу можна пояснити достатньо високою розвиненістю систем внутрішнього фінансового обліку, а також, з іншого боку, недостатньою розвиненістю систем управління, які ґрунтуються на використанні нефінансових ТЕП, наприклад, тих, що можуть характеризувати якість тих чи інших процесів, які є складовими виробничо-господарської діяльності підприємства. Треба відзначити, що хоча на вітчизняних підприємствах і застосовуються деякі ТЕП якості процесів інструментозабезпечення, вони найчастіше мають безсистемний і розрізнений характер [82]. Тому, на наш погляд, необхідна побудова такої системи ТЕП ІПВ, яка б повніше

відображала технічний рівень виробництва і водночас перебувала б у взаємозв'язку з економічними (фінансовими) показниками, що характеризують результати виробничо-господарської діяльності підприємства.

Треба брати надо уваги і той факт, що така інформація надходить із системи внутрішнього обліку зазвичай у великих обсягах і значною мірою «розпорошеною», і якщо її додатково не обробити (не систематизувати) і не підвищити наочність, дуже важко «прив'язувати» її до конкретного рішення, оскільки для прийняття конкретних рішень ця інформація повинна надходити керівництву в агрегованому вигляді. Отже, необхідно також враховувати й те, що збір інформації для розрахунку значень додаткових нефінансових ТЕП вимагає для її оброблення і доведення до прийнятного для аналізу й практичного використання стану і додаткових ресурсів. Одним із дієвих засобів ефективного розв'язання цього питання є використання можливостей сучасних інформаційних технологій, тобто CALS-технологій. Як було зазначено в підрозділі 1.1, однією з переваг інформаційних систем, що будуються на принципах CALS-технологій, є суттєве скорочення часу, а також матеріальних і фінансових витрат на проведення оперативного зібрання та оброблення інформації.

Отже, техніко-економічні показники підприємства, які можуть бути вбудовані в чітку систему управління підприємством у сукупності з раціональними методиками їхнього обчислення, дозволять оперативно виконувати систематичний аналіз його виробничо-господарської діяльності, а також проводити порівняння технічного й організаційного рівнів виробництва залежно від діяльності усіх складових виробничого процесу, зокрема й ІПВ, на підприємстві, виявляти резерви виробництва, а також суттєво скорочувати загальну тривалість і вартість процесів планування та його підготовки.

1.4.2 Сучасний стан проблеми управління витратами на інформаційну систему управління якістю інструментальної підготовки виробництва

Упровадження міжнародного стандарту ДСТУ ISO 9001:2015 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 оцінювання витрат на якість його процесів.

Витрати на якість процесів ІПВ є внутрішньою економічною основою системи якості, що дозволяє визначати 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 значною мірою буде залежати рентабельність виробництва й окремих видів продукції, взаємозалежність видів продукції і їхніх місць у виробництві, виявлення резервів зниження собівартості продукції, визначення цін на продукцію, вирахування національного доходу в масштабах країни, економічна ефективність від впровадження нової техніки, технологій та організаційно-технічних заходів, а також ступінь обґрунтування рішень про виробництво нових видів продукції й зняття з виробництва застарілих.

Також необхідно відзначити, що на сьогодні спостерігається вживання різних термінологічних комбінацій, пов'язаних із витратами на якість: «витрати на якість», «витрати, що відносять до якості», «витрати, пов'язані з якістю».

До виходу стандартів ДСТУ ISO серії 9001 версії 2009 року багато авторів [9, 83 та ін.] ототожнювали такі поняття, як «витрати на якість» і «витрати на встановлення, досягнення й збереження показників якості». Це сприяло тому, що витрати на якість подавалися як сукупні витрати на підприємстві, тому що робота з різними показниками якості пов'язана і з розробкою продукту, і з підготовкою виробництва, і з виробництвом, і з обігом товару. Цьому сприяло й те, що сучасне визначення якості продукції, прийняте стандартом ДСТУ ISO 9000:2007, практично стерло раніше наявні грані між діяльністю, безпосередньо пов'язаною із забезпеченням якості продукції, і не пов'язаною з цим, тобто зникнення чітких границь між вказаними видами діяльності стало ще однією причиною ототож

нення витрат на якість із усіма витратами на підприємстві. Ця обставина змушує виробників обмежувати сферу визначення витрат на якість тим або іншим способом, наприклад, за допомогою спрямування змісту визначення функції менеджменту якості як однієї з функцій діяльності підприємства, хоча й надзвичайно широкої й складної. Наприклад, фахівці німецького суспільства якості (DGQ) вважають, що комбінації «витрати на якість», «витрати, що відносять до якості» або «витрати, пов'язані з якістю» більш відповідають елементам витрат, об'єднаних під безпосереднім визначенням – «якість». На нашу думку, більш точно сутність витрат цього типу доцільно характеризувати поняттям «витрати, безпосередньо пов'язані з функціями управління якістю». 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 тією чи іншою мірою стосуються якості. Крім функціональної класифікації, використовуються й інші визначення витрат на якість, наприклад, 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 або процесу. Так, Ф. Кросбі [84] пропонував ураховувати витрати на «відповідність і невідповідність продукції» з метою економії засобів на тих процесах, що призводять до виникнення дефектної продукції, і поліпшення яких коштує дорожче, ніж втрати від самих дефектів. Тому такий підхід вважався неефективним. Хоча цей підхід і є досить консервативним стосовно управління якістю, але він дозволяє виділити пріоритетні напрямки капіталовкладень. Посилення позицій споживача на ринку в другій половині XX століття зробило одним з основних принципів менеджменту якості принцип постійного вдосконалювання, унаслідок чого в умовах твердої конкуренції визначення витрат на відповідність і невідповідність продукції почало втрачати свою важливість. Однак цей підхід знайшов добре підґрунтя для свого поширення у сфері менеджменту процесів і тоді витрати, пов'язані з якістю, визначалися як витрати на відповідність процесу й витрати, викликані невідповідністю процесу. Такий підхід запропонований і в міжнародних стандартах ISO серії 9000 версії 1994 року та в інших нормативних документах: у Великобританії – рекомендації SIGMA (Guideline, Putting Sustainable Development into practice – a guide for Organization), в Італії – Q-RES, у Німеччині – VMS. У цьому підході мова йде вже не тільки про витрати на забезпечення «відповідності» продукції, але й про втрати, пов'язані з її якістю, наприклад, втрати частки ринку або іміджу підприємства. Розширений підхід Ф. Кросбі виходить за межі визначення витрат, пов'язаних тільки з якістю продукції, і більше орієнтований на якість технологічних процесів її виготовлення і якість підприємства загалом. Розширення границь визначення витрат призводить до існування крайнього погляду, згідно з яким традиційно прийнятий сьогодні бухгалтерський облік витрат майже не має сенсу, тому що з позицій загального менеджменту якості на якість продукції й задоволення вимог споживача впливає робота кожного працівника підприємства. Згідно з цим поглядом, усі витрати на підприємстві можна віднести до витрат, пов'язаних із якістю, а до управління цими витратами прирівняти традиційне управління витратами на підприємстві.

Якщо розглянути витрати підприємства, можна відзначити, що одні вчені пропонують, зазвичай, ущільнені класифікації витрат, поділяючи їх тільки за декількома ознаками, а інші, навпаки, пропонують більш розгорнуту й більш детальну класифікацію витрат. Водночас навіть вони не приділяють належної уваги сфері виникнення додаткових витрат у класифікації, їхньому зв'язку з обсягом виробництва, місцям і часу виникнення, центрам відповідальності, рівню контролю за витратами й регулюванню їх тощо. Заразом треба відзначити, що в умовах суворого забезпечення конкурентоспроможності підприємств на сучасному ринку саме ці моменти у класифікації витрат мають велике практичне значення в діяльності підприємства.

Необхідно взяти до уваги й той факт, що класифікація витрат зарубіжних підприємств залежить, насамперед, від нагальної потреби в інформації для управління, і часто навіть усередині одного підприємства існують різні класифікації витрат на підставі потреби управління відповідним підрозділом. Класифікацію витрат розробляють також із метою: вивчення поведінки

(зміни) собівартості; здійснення обліку витрат виробництва; визначення взаємозв'язку між обсягом, собівартістю й прибутком; вирахування точки критичного обсягу виробництва; оперативного планування й контролю над витратами тощо.

Спеціальне визначення витрат, пов'язаних із якістю, Г. Г. Азгальдов [85, 86] визнає необхідним «лише в невеликій кількості 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 терміна «витрати, пов'язані з якістю».

За першого підходу [88–93], витрати, пов'язані з якістю, стосуються переважно дефектів і невідповідностей продукції. Такий підхід застосовують підприємства із системою бухгалтерського обліку, що використовує традиційні методи визначення витрат. За цього підходу окремі стандартні й нові для цих підприємств види робіт із забезпечення якості виділяються в особливу діяльність. Облік за цією ознакою класифікації був характерним для перших етапів становлення й розвитку систем менеджменту якості.

За другого підходу [92] ключовою ознакою для віднесення витрат на якість є їхнє віднесення до невідповідностей, тобто вартість будь-яких дій, пов'язаних із дослідженням, попередженням або зменшенням дефектів і відмов, наприклад, витрати на планування якості або на розроблення й конструювання вимірювального і випробувального устаткування;

Третій підхід [93] погоджує витрати із забезпеченням і підтримкою задоволеності споживача. Сумарні витрати розбиваються на такі категорії: забезпечення якості й управління нею; контроль і оцінювання якості, зокрема з урахуванням задоволеності споживача; внутрішні й зовнішні відмови будь-якого виду, що призводить до незадоволеності споживача та інші. Такий підхід переважно використовують підприємства, що калькулюють витрати за всіма етапами життєвих циклів продукції, всіма центрами відповідальності і всіма функціями, що виконують на виробництві. Водночас А. Фейгенбаум [94] витрати, пов'язані з якістю, розділяє на дві групи: витрати, понесені безпосереднім виробником продукції, і витрати інших учасників процесу виготовлення продукції (наприклад, постачальників). Система обліку витрат виробника, пов'язаних із якістю, є досить широкою й охоплює, крім основних виробничих підрозділів, також і всі допоміжні підрозділи, відповідальні за безвідмовність функціонування усіх процесів на підприємстві.

Для всіх розглянутих підходів характерним є ставлення до витрат на забезпечення та контроль якості як до витрат, пов'язаних із незадовільною якістю. Заразом у сучасній теорії менеджменту якості ставка робиться не на роботу з незадовільною якістю, тому що рівень дефектності або невідповідностей продукції сьогодні наближається на провідних промислових підприємствах до значень, близьких до нуля, а на виявлення й задоволення вимог споживача з метою попередження й недопущення його незадоволеності [9], що призводить до суттєвого збільшення в загальних витратах на забезпечення та контроль якості витрат на попередження процесу виникнення невідповідностей вимогам споживача і його незадоволеності.

Так, узагальнивши вітчизняний і зарубіжний досвід в управлінні витратами на якість, можна виділити основні ознаки, за якими класифікують системи витрати на якість (табл. 1.2).

Отже, бачимо, що основною метою створення ефективних інформаційних систем управління на машинобудівних підприємствах є підвищення конкурентоспроможності як їхньої продукції, так і кожного з підприємств загалом завдяки ефективному управлінню всіма його інформаційними ресурсами.

Аналіз літературних джерел продемонстрував, що цього можна досягти завдяки інтеграції всіх без винятку інформаційних потоків, а також автоматизації управління як в основних, так і в усіх допоміжних процесах виробництва продукції, зокрема й у процесах, що супроводжують інструментальну підготовку виробництва, яка повинна своєчасно і як можна швидше реагувати на будь-які зміни в системі управління виробництвом.

Таблиця 1.2 – Ознаки класифікацій, що використовуються у світових і національних системах класифікації витрат на якість

Система класифікації витрат на якість за джерелом	**Найменування ознак класифікації витрат на якість**
Шухартом-Демінгом [95]	витрати на планування; витрати на облік; витрати на аналіз; витрати на аудит, контроль
А. Фейгенбаумом [96]	витрати на попередження; витрати на оцінювання рівня якості; втрати від браку
Т. М. Полховською [97, 98]	витрати на рівні управління; витрати на стратегічному рівні; витрати на тактичному рівні; витрати на оперативному рівні
стандартом BS 6143:1992 та Ф. Кросбі [99, 100]	витрати на відповідність вимогам із якості; витрати як наслідок невідповідності
Дж. Джураном [101]	витрати на забезпечення якості (корисні витрати або збитки); витрати на вдосконалення якості
В. Д. Мацутою [102]	витрати на основні процеси; витрати на забезпечувальні процеси; витрати на управлінські процеси
Б. І. Герасімовим, Н. І. Лавренченко [103]	витрати, що належать до зовнішніх користувачів; витрати, що належать до внутрішніх користувачів
Wikipedia [104]	витрати прямі та непрямі; витрати постійні та змінні; витрати на якість продукції; витрати на якість діяльності фірми
К. М. Рахліним і Л. Е. Скрипко [105]	витрати на покращання якості, на забезпечення якості та на управління якістю; витрати поточні (постійні) та одноразові; витрати виробничі й невиробничі; витрати прямі та непрямі; витрати, що піддаються прямому обліку, не піддаються прямому обліку та витрати, які недоцільно враховувати; витрати під час розроблення продукції, під час її виготовлення та експлуатації; витрати планові та фактичні; витрати по підприємству, з виробництва, за видами продукції; витрати на продукцію, процеси або послуги; витрати під час оперативного, бухгалтерського та цільового обліків
АВС-метод [106]	витрати на проектування, на закупівлю, на виробництво та ін.

Тому для одержання оперативного контролю над виробничою системою та підвищення ступеня реакції системи ІПВ на зміни в ній, і отже, підвищення ефективності усього виробничого процесу потрібно запропонувати принципово новий концептуальний підхід до створення моделі *інформаційної системи управління якістю ІПВ* того чи іншого виробництва з урахуванням як його специфічних особливостей, так і тієї обставини, що якість системи ІПВ, а, відповідно, і якість усього виробничого процесу суттєво залежать від витрат на них.

РОЗДІЛ 2
РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА НА БАЗІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

2.1 Концептуальна модель інформаційної системи управління якістю інструментальної підготовки виробництва

Сертифікація системи управління якістю машинобудівного підприємства на відповідність вимогам ДСТУ ISO 9001:2015 передбачає впровадження процесного підходу, зокрема і в системі управління якістю ІПВ. У [4, 6] запропонована процесно орієнтована модель системи управління якістю ІПВ, яка поділяє процеси ІПВ на два рівні (тактичний і оперативний) та дозволяє підвищити ефективність функціонування системи ІПВ. Однак в умовах ефективного впровадження на машинобудівних підприємствах програмних засобів з автоматизації різних робіт як управлінського, так і виробничого характеру, призначених для вдосконалювання діяльності підприємства за допомогою розроблення та впровадження інформаційних систем (ІС) управління виробництвом, що відповідають вимогам і принципам CALS-технологій. Використання цих інформаційних систем у системах ІПВ дозволяє охопити такі напрями їхньої діяльності, як автоматизоване проектування й виготовлення інструментів та оснащення, облік і управління процесами в системі інструментальної підготовки машинобудівного підприємства, планування закупівель інструментів і комплектувальних тощо.

Однією з найважливіших особливостей функціонування інформаційної системи управління тим чи іншим видом діяльності підприємства як у сфері промислового виробництва, так і сфері надання послуг, пов'язаних із зберіганням продукції, її транспортуванням, сервісним обслуговуванням у процесі експлуатації та її утилізації є наявність єдиного інформаційного простору (бази даних), за допомогою якого здійснюється «безпаперове» управління всіма процесами, що супроводжують відповідний вид діяльності. Це дозволяє значно скорочувати терміни виконання процесів, виконувати моніторинг і планування, прогнозувати результати виду діяльності або відповідного процесу, ефективно управляти (у разі потреби) змінами в тих чи інших процесах тощо.

За рекомендаціями, викладеними в роботі [6], для більш ефективного управління якістю розроблюваної ІС ІПВ пропонується виділити два рівні управління процесами інструментозабезпечення:

- *тактична ІС ІПВ* – тактичний рівень управління якістю ІПВ;
- *оперативна ІС ІПВ* – оперативний рівень управління якістю ІПВ.

У процесі тактичної ІС ІПВ використання технологічного оснащення організовується за допомогою: послідовного проведення контролю відповідних технічних завдань; проєктування інструменту і ТО та виявлення можливості застосування наявного інструменту і ТО або ТО, що складається зі стандартних деталей, елементів, агрегатів, що перебувають на зберіганні на базі (складі) прокату; проєктування універсальних і спеціальних елементів або деталей, що розширюють можливості застосування наявного оснащення; проєктування монтажних схем компонувань технологічного оснащення зі стандартних вузлів і деталей; складання компонування технологічного оснащення за монтажною схемою й підготовки її до експлуатації на умовах прокату; зберігання технологічного оснащення на базі, що належить системі прокату; обліку її застосовності тощо.

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 (інструкцій і рекомендацій із їхньої експлуатації на відповідних робочих місцях) залежно від оперативного завдання й відповідного технологічного процесу.

Взаємодія цих процесів здійснюється через загальні процеси управління ІС ІПВ за допомогою передавання з бази прокату в процес оперативної ІС ІПВ технологічного оснащення, розробленого й підготовленого в процесі тактичної ІС ІПВ.

Отже, загальна модель інформаційної системи управління ІПВ поєднує процеси життєвого циклу інструменту та оснащення, управління ресурсами ІПВ, її виміру, аналізу й поліпшення (як на тактичному, так і оперативному рівнях) у єдиному інформаційному просторі (рис. 2.1).

Концептуально модель процесно орієнтованої системи управління ІПВ в умовах інформаційних технологій можна відобразити у вигляді трьох взаємозалежних моделей ІС ІПВ: організаційної, інформаційної й управління якістю (рис. 2.2).

Аналіз рисунка 2.2 свідчить про наявність великої кількості різноманітних інструментів, які можуть бути застосовані під час реалізації запропонованої концептуальної моделі системи управління ІПВ. Реалізація цієї моделі обумовлена наявністю проблем, пов'язаних, з одного боку, з розробкою та впровадженням систем управління якістю ІПВ, з іншого – впровадженням програмних продуктів та інформаційних засобів.

Для підвищення ефективності використання процесного підходу запропонована модель його реалізації в умовах ІС ІПВ (рис. 2.3). Ця модель має універсальний характер і дозволяє реалізовувати процесний підхід на підприємствах, що мають у своєму складі організаційні структури з різними формами управління.

На основі аналізу стандартів підприємства і системного підходу запропонована структура моделі інтегрованої системи інструментозабезпечення на машинобудівному підприємстві (див. рис. 2.3), для створення якої були виділені такі основні елементи:

– база знань, що містить базу прецедентів і систему кодифікації інструменту відповідно до CALS-технології;

– модулі системи управління «життєвим циклом» інструменту.

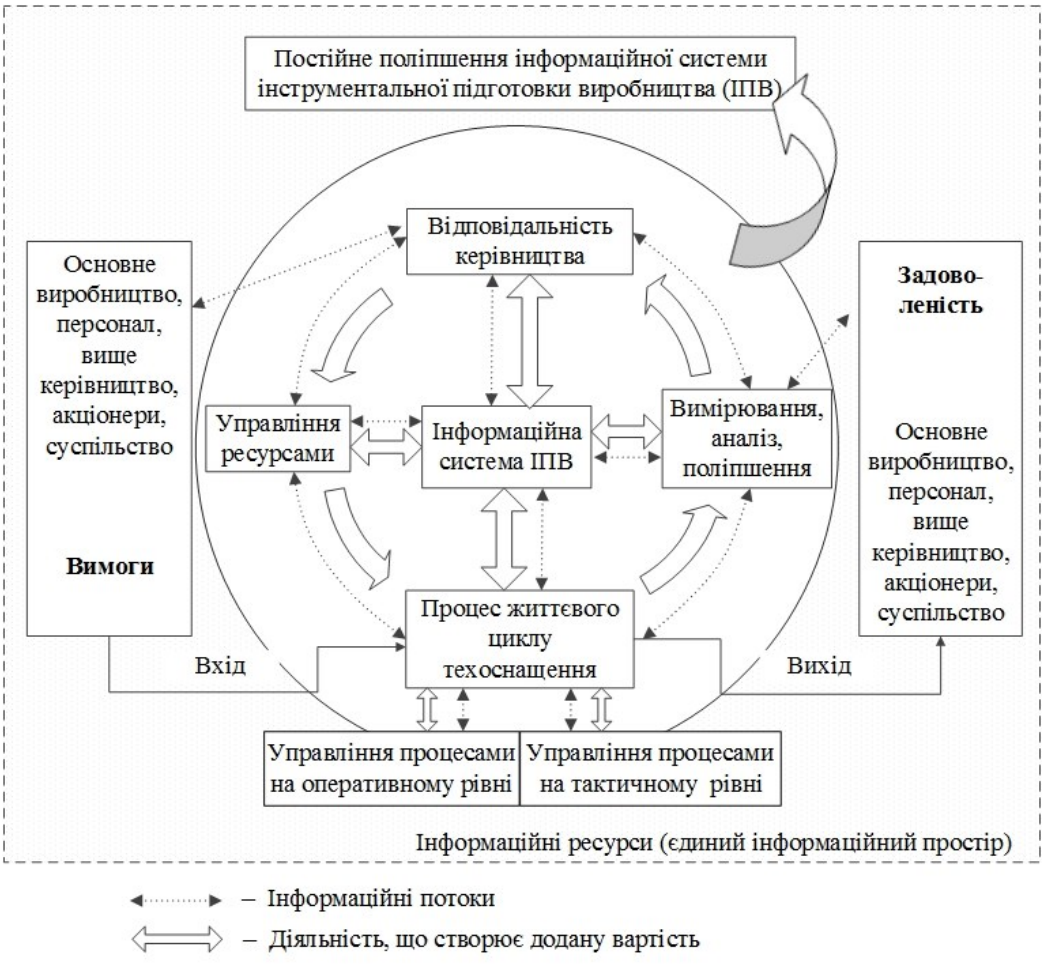


Рисунок 2.1 – Модель системи управління ІПВ відповідно до вимог ДСТУ ISO 9001:2015

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

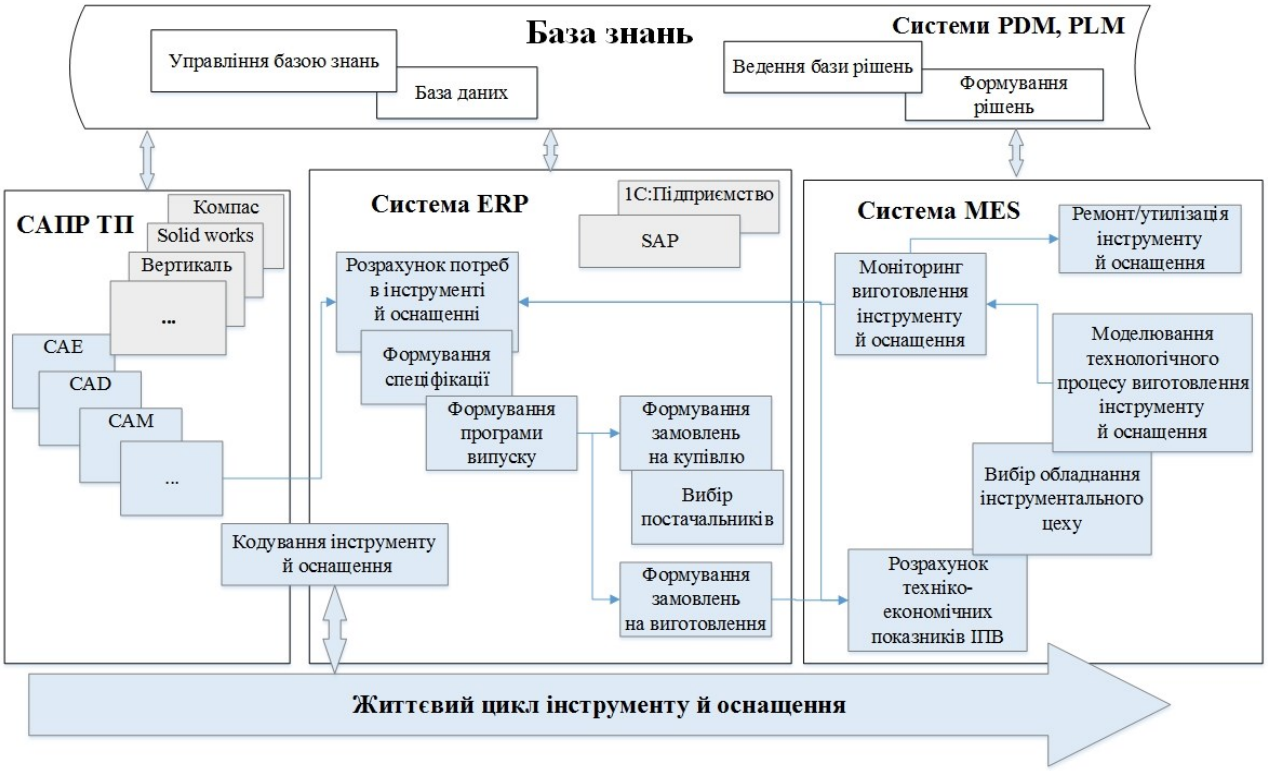


Рисунок 2.3 – Модель інформаційної системи управління ІПВ

Інформаційна система повинна забезпечувати як формування управлінських рішень на всіх етапах «життєвого циклу» інструменту або оснащення, так і оцінювання якості сформованих рішень. Отже, виникає необхідність у функціональному розподілі роботи системи на локальні, тобто відносно невеликі завдання, які розв'язуються окремими модулями на відповідних етапах «життєвого циклу» виробу. Підхід, в основі якого лежить побудова системи управління з модульним принципом організації за умови уніфікації процедур обміну даними, дозволяє легко масштабувати й одночасно розширювати систему. Запропоновані такі основні мо

дулі, які дозволяють ефективно реалізовувати всі методологічні принципи побудови такої системи управління: модуль формування програми випуску; модуль формування зведеної специфікації інструменту; модуль вибору оптимальних постачальників; модуль планування виробництва, а також модуль моніторингу. Ядром ІС ІПВ для забезпечення процесу формування інформаційного супроводу інструменту або необхідного виду оснащення на всіх етапах їхніх життєвих циклів має бути єдина база знань.

До типової структури ІС ІПВ належать основні процеси: виявлення потреб в інструменті та ТО; процеси виготовлення інструменту та ТО; процеси модернізації інструменту та ТО, що є в наявності; процеси використання інструменту та ТО, що є в наявності, а також зберігання, експлуатація та ремонт / утилізація інструменту та ТО.

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

Відповідно до CALS-технології ІС ІПВ повинна зберігати всю інформацію про прийняті рішення, що вимагає ведення кодифікації рішень, прийнятих на кожному етапі життєвого циклу, наприклад, того чи іншого інструменту. Отже, кодифікація інструменту є обов'язковим елементом функціонування інформаційної системи інструментозабезпечення.

Під час побудови інформаційної системи ІПВ необхідно також враховувати відповідні стандарти підприємства з інструментозабезпечення. На жаль, використовувані сьогодні на машинобудівних підприємствах стандарти найчастіше є застарілими, у зв'язку з чим спостерігається певна розбіжність серед споживачів як у розрахунках потреби в необхідному інструменті, так і незадовільне планування і контроль виконання замовлень, а також, зазвичай, відсутність ефективних систем оптимізації витрат і запасів інструменту.

2.2 Розроблення класифікації техніко-економічних показників і витрат на якість процесів інформаційної системи управління якістю інструментальної підготовки виробництва

2.2.1 Класифікація техніко-економічних показників

У процесі діяльності забезпечення виробничих процесів інструментом і оснащенням на підприємстві повинні забезпечуватися такі види діяльності, як управління виробництвом і персоналом, а також якістю продукції та процесів, охороною навколишнього середовища та охороною праці персоналу, процесами утилізації інструментів тощо

Н. В. Янковський у [108] наголосив, що на сучасному етапі розвитку управління підприємством вчені і практики дійшли висновку, що управляти його діяльністю необхідно системно. Крім створення та впровадження нових 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). Водночас треба брати до уваги, що ТЕП повинні бути:

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

Використання системи ТЕП в ІС ІПВ забезпечить можливість всебічно характеризувати як результат і динаміку кожного із процесів ІС ІПВ, так і результативність і якість самої системи загалом. Тому доцільно розподілити ТЕП ІС ІПВ за такими видами діяльності:

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

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

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

- капіталовіддачу / капіталомісткість;
- матеріаловіддачу / матеріаломісткість;
- енергоємність інструменту або ТО;
- обсяг виготовленого інструменту або ТО;
- собівартість інструменту або ТО;
- середньомісячна заробітна плата;
- продуктивність праці;
- показник використання робочого часу виробничих робітників;
- показник, що характеризує питому вагу виробничих робітників системи ІПВ у загальній кількості працівників на підприємстві;
- показник, що враховує питому вагу інструментальної продукції та оснащення 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 із збору та відновлення інструментів і технологічного оснащення;
- показник централізованої доставки вантажів інструментального виробництва;
- показник стану організації прокату інструментів і технологічного оснащення;
- показник рівня витрат інструментів і технологічного оснащення;
- показник рівня використання системи централізованого заточення інструменту;
- показник технічного рівня інструментальної підготовки оперативних (змінних) завдань основного виробництва.

Виробничі ТЕП характеризують технічну досконаліть системи ІПВ, забезпеченість процесів виробництва інструментів і ТО необхідними потужностями, прогрес у техніці і технологіях виробництва інструментів і ТО, застосування сучасних методів і форм організації виробництва інструментів та ТО, раціональний розподіл витрат матеріалів, засобів праці та часу під час технологічної підготовки основного виробництва, виготовлення й експлуатації виробленої підприємством продукції.

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

- питому вагу інструментів та ТО, що відповідає світовим стандартам;
- питомий обсяг бракованих інструментів та 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 універсалізації ІВ;
- показник гнучкості ІВ;
- показник автоматизації інструментального виробництва;
- показник механізації інструментального виробництва;
- рівень дефективності інструментів і ТО;
- коефіцієнт використання інструментів і ТО;
- коефіцієнт використання виробничих потужностей;
- коефіцієнт інтенсивного навантаження устаткування;
- коефіцієнт дублювання функцій;
- коефіцієнт використання робочого часу.

Підходи до управління якістю процесів, зокрема і в системі ІПВ, регламентують стандартом ДСТУ ISO 9001:2015 [9], однією з вимог якого є орієнтація на процесний підхід. Тому під час вибору показників якості ІС ІПВ важливо враховувати не тільки якість виготовлених інструментів і ТО, але й рівень якості процесів життєвих циклів інструментів і ТО, призначених для забезпечення життєздатності процесів основного виробництва.

Якістю процесу ІПВ можна вважати здібність сукупності його властивостей виконувати вимоги, що ставляться до нього відповідно до технологічних процесів виробництва продукції. Показники якості процесу ІПВ можуть розглядатися як для окремих видів інструментів і ТО, так і для окремого робочого місця, дільниці, цеху, підприємства [9, 82]. Беззаперечним є те, що ТЕП якості процесів ІС ІПВ характеризують: якість технології виробництва інструментів і ТО, якість процесів експлуатації інструментів і ТО, якість складових на вході та виході процесів ІПВ (виробничих систем, робітників, інформації). До ***ТЕП якості*** можна віднести:

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

Дуже важливим напрямком в удосконаленні діяльності сучасних підприємств є безпека діяльності персоналу та охорона його праці. Упровадження стандарту ДСТУ OHSAS 18001:2010 [111] на підприємстві зменшує небезпечні чинники на виробництві, попереджає виникнення нещасних випадків у разі зменшення витрат на відшкодування втрати здоров'я або працездатності працівників і зменшення збитків від простоїв на виробництві.

Отже, під час аналізу вимог ДСТУ OHSAS 18001:2010 можна виділити такі ***соціальні ТЕП***:

- показник функціонального розподілу праці робітників;
- показник функціонального розподілу праці інженерно-технічних працівників і службовців системи ІПВ;
- рівень нормативної документації у 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 небезпекою.

Необхідно звернути увагу на той факт, що здійснення господарської діяльності підприємства може суттєво впливати на стан навколишнього середовища. Керівництво сучасних підприємств повинно усвідомлювати, що сьогодні є необхідним пошук нових способів зменшення наслідків від їхньої діяльності. Одним із таких способів є впровадження стандарту ДСТУ ISO 14001:2015 [112], на базі якого створюється система управління навколишнім середовищем. Тому екологічні ТЕП повинні характеризувати стан екологічного об'єкта, ефект від реалізації природоохоронних завдань і заходів, раціональне використання природних ресурсів, а також соціальні питання, які залежать від екологічного стану як самого підприємства, так і навколишнього середовища [108, 110, 112, 113].

Тому до ***екологічних ТЕП*** можна віднести:

- рівень потенційної небезпеки технологічних процесів виготовлення інструментів і ТО для навколишнього середовища;
- рівень планування і контролю заходів, пов'язаних із забезпеченням екологічної безпеки промислової діяльності;
- 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 щодо певної території;
- зменшення кількості днів, у які забруднення атмосферного повітря перевищувало гранично допустиму концентрацію (ГДК);
- рівень відповідності НД вимогам стандартів навколишнього середовища;
- рівень виконання вимог до захисту навколишнього середовища (за кожним процесом).

На підставі визначення ІПВ, наведеного в розділі 1, додатково пропонується оперувати окремими показниками, такими як:

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

Перелік, детальний опис і розрахункові формули зазначених у цьому розділі ТЕП наведені в додатку А. Показник «витрати на якість процесів ІС ІПВ» уособлює поєднання великого масиву витрат (див. підрозділ 2.2.2).

Крім 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 перебувають в інтервалі 0–1 (оптимальне значення 1);

– ТЕП, які мають оптимальне абсолютне значення;

– ТЕП, що визначаються згідно з логічними судженнями експертів.

Отже, запропонована система ТЕП, подана в таблиці 2.1 – для тактичного рівня і таблиці 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 подання рекомендується визначати комплексні техніко-економічні показники:

Ко – комплексний організаційно-економічний ТЕП;

Кв – комплексний виробничий ТЕП;

Кс – комплексний соціальний ТЕП;

Кя – комплексний ТЕП якості процесів ІС ІПВ;

Ке – комплексний екологічний ТЕП.

Комплексний ТЕП розраховується за формулою

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

де k_i – значення техніко-економічних показників у класифікаційній групі (у балах);

n – кількість ТЕП у класифікаційній групі.

Таблиця 2.1 – Система ТЕП на тактичному рівні

ТЕП за видами діяльності	ТЕП за результуючим оптимальним значенням		
	Відносні, перебувають в інтервалі 0–1 (оптимальне значення 1)	**Які мають оптимальне абсолютне значення**	**Визначаються згідно з логічними судженнями експертів**
1	**2**	**3**	**4**
Організаційно-економічні	– капіталовіддача; – матеріаловіддача; – показник використання робочого часу виробничих робітників	– капіталомісткість; – матеріаломісткість; – обсяг виготовлених інструментів і ТО; – енергоємність інструментів і ТО; – собівартість інструментів і ТО; – середньомісячна заробітна плата робітників ІС ІПВ; – продуктивність праці	–
Виробничі	– використання обладнання; – використання виробничих площ; – диференціація ІВ; – безперервність ІВ; – повторюваність ІВ; – паралельність ІВ; – прямоточність ІВ; – універсалізація ІВ; – гнучкість ІВ; – автоматизація ІВ; – рівень дефективності інструментів і ТО	– прогресивність структури обладнання; – використання площ складу ІРК; – спеціалізація ІВ; – пропорційність ІВ; – механізація інструментального виробництва; – коефіцієнт використання виробничої потужності; – коефіцієнт дублювання функцій	–
Якості	– витрати на якість процесів ІС ІПВ; – коефіцієнт стандартизації ІПВ; – показник уніфікації ІВ; – показник прогресивності ТП ІВ; – технологічний коефіцієнт точності ТП; – рівень стандартизації інструментів і ТО – рівень нормативного забезпечення	–	– показник якості технічної документації за ІС ІПВ; – рівень якості інструментів і ТО

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
Соціальні	– показник зайнятості персоналу; – показник рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпекою; – рівень потенційної небезпеки технологічних процесів виготовлення інструментів і ТО для навколишнього середовища	– показник функціонального розподілу праці ІТР та службовців системи ІПВ	– рівень інструктажу персоналу; – рівень нормативної документації у сфері охорони праці; – показник наявності використання засобів індивідуального захисту; – рівень потенційної небезпеки; – рівень планування і контролю заходів
Екологічні	– частка скорочення обсягів викидів від загального обсягу; – зменшення щільності викидів в атмосферне повітря щодо 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 (за кожним процесом)

Таблиця 2.2 – Система ТЕП на оперативному рівні

ТЕП за видами діяльності	**ТЕП за результуючим оптимальним значенням**		
	Відносні, перебувають в інтервалі 0–1 (оптимальне значення 1)	**Які мають оптимальне абсолютне значення**	**Визначаються згідно з логічними судженнями експертів**
1	**2**	**3**	**4**
Організаційно-економічні	Показники: – що характеризує питому вагу виробничих робітників системи ІПВ у загальній кількості працівників; – рівня організації ремонту та забезпечення запасними частинами; – що враховує питому вагу інструментальної продукції в загальному обсязі виробництва; – стану організації прокату; – рівня витрат інструментів і ТО; – рівня використання системи централізованого заточення інструменту	– показник, що враховує питому вагу інструментальної продукції в загальному обсязі виробництва; – показник організації робіт із збору та відновлення інструментів і ТО; – показник централізованої доставки вантажів ІВ; – показник технічного рівня інструментальної підготовки оперативних (змінних) завдань	–
Виробничі	– коефіцієнт використання інструментів і ТО; – коефіцієнт інтенсивного навантаження устаткування; – питома вага інструментів і ТО, що відповідає світовим стандартам	–	–
Якості	– витрати на якість процесів ІС ІПВ; – показник відновлення інструментів і ТО; – коефіцієнт стандартизації ІПВ; – рівень стандартизації інструментів і ТО	–	– рівень якості інструментів і ТО

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Соціальні	– показник функціонального розподілу праці ІТР і службовців системи ІПВ; – рівень нормативної документації у сфері охорони праці; – рівень інструктажу персоналу; – показник зайнятості персоналу	– показник рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпекою	– показник наявності використання засобів індивідуального захисту
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 щодо певної території	– рівень змісту та оформлення доказової документації екологічної безпеки процесів; – рівень потенційної небезпеки технологічних процесів виготовлення інструментів і ТО для навколишнього середовища; – рівень планування і контролю заходів; – рівень виконання вимог до захисту навколишнього середовища (за кожним процесом)

2.2.2 Класифікація витрат на якість процесів інформаційної системи управління якістю інструментальної підготовки виробництва

Як зазначено 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 за допомогою систематизації та впорядкування їхніх складових [86, 105].

Використання системи класифікації витрат на якість дозволяє аналізувати й прогнозувати показники не лише загалом по ІПВ, але й за окремими її процесами. Чіткий і повний зміст класифікації забезпечує основу аналізу та моделювання інформаційних потоків ІПВ, що є дієвим інструментом із реалізації циклу Джурана-Демінга – «плануй → виконуй → перевіряй → 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) є внутрішньою економічною основою системи управління якістю, що дозволяє визначати наслідки будь-яких управлінських рішень, які приймаються в цій системі. Забезпечується це за допомогою проведення діяльності з організації обліку, аналізу й прогнозування витрат на якість відповідно до прийнятої системи їхньої класифікації.

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

Під час розроблення класифікації витрат на процеси ІС ІПВ необхідно враховувати такі вимоги:

– забезпечення повноти відображення обсягу витрат;

– неперетинання виділених груп витрат;

– можливість додавання нових груп витрат;

– лаконічність, чіткість і ясність класифікаційних ознак;

– незмінність прийнятої класифікаційної ознаки на всіх рівнях класифікації [115].

З метою забезпечення перелічених вимог запропоновано розроблювану систему класифікації витрат на якість процесів ІС ІПВ ґрунтувати на таких принципах:

1. *Істотність і стабільність*. Принцип

полягає в існуванні міри аналітичності, яка передбачає, що витрати на ведення обліку не перевищують цінності отриманої внаслідок цього інформації.

2. *Стандартизація.* Принцип, заснований на тому, що під час розроблення класифікації до вибору (призначення) статей витрат використано стандартизований підхід.

3. *Пристосовність.* Полягає в тому, що будь-яка номенклатура статей не може бути абсолютною і повинна мати можливість змінюватися адекватно змінам на виробництві.

4. *Причинно-наслідковий зв'язок.* Принцип характеризує стосунки між витратами на якість процесів ІС ІПВ і їхніми носіями.

Повнота класифікації витрат залежить від правильного визначення її ознаки групування. Для визначення вихідного масиву класифікаційних ознак був проведений аналіз вітчизняних і світових систем класифікації витрат, запропонованих видатними вченими, а також світовими та національними нормативними документами (див. табл. 1.2).

У підрозділі 1.4 було встановлено, що сьогодні існує низка класифікацій витрат на якість за такими, наприклад, ознаками: цільовим призначенням, можливістю обліку, стадіями життєвого циклу продукції і таке інше.

Необхідно відзначити, що низка систем ІПВ сучасних вітчизняних машинобудівних підприємств, зокрема і запропонована авторами в 2.1 типова ІС ІПВ, має специфіку, яка полягає в охопленні різних сфер 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 їхнього виготовлення (у разі наявності), зокрема витрати на процеси, які відбуваються на рівні управління якістю ІС ІПВ.

Для проектування класифікації запропоновано використовувати один із методів експертних оцінок – метод ранжування. Сутність методу ранжування (або методу надання переваги) полягає в тому, що кожний експерт позначає ознаки в порядку надання переваги над усіма останніми, відповідно до чого кожному показнику встановлюється свій ранг. Досвід довів, що цей метод є дуже ефективним під час переведення метричної форми показників у неметричну.

Однією із суттєвих переваг цього методу є те, що він простий у користуванні. Водночас необхідно враховувати, що метод ранжування не дає можливості проводити аналіз великих масивів даних. Взагалі можна відзначити, що рейтингові системи є сучасним інструментом вивчення й аналізу різних систем, ситуацій, зокрема оцінювання стану та розвитку підприємства, розширення методів використання результатів його діяльності та прийнятих управлінських рішень. Запропонований метод відіграє роль з'єднувальної ланки між умовами реального процесу ІС ІПВ та оптимальною системою класифікації витрат.

Аналіз таблиці 1.2 дає можливість виділити групи класифікаційних ознак, які можуть бути основою для класифікування витрат на якість процесів ІС ІПВ. Виділені групи подані в таблиці 2.3.

Процедура розроблення класифікації складається з двох основних етапів (рис. 2.4):

– на першому етапі (формування вихідної множини альтернативних класифікаційних ознак, *P*) проводиться вибір оптимальної множини найменувань ознак *X*;

– на другому (формування множини припустимих оцінок, *Ri*) – вибір множини числових значень *x* кожної ознаки.

Подана процедура розроблення класифікації передбачає проведення експертизи, яка ставить на меті визначення результуючих оцінок за кожною досліджуваною ознакою й об'єднання ознак за цими оцінками.

Кількість експертної групи розраховують за формулою [86]

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

де d – розмах шкали вимірювань; $\bar{\gamma}$ – припустиме значення довірчої ймовірності, з якою визначено значення колективної експертної оцінки. Зазвичай беруть рівень значущості $\alpha = 0{,}05$ і тоді довірча ймовірність $\bar{\gamma} = (1-\alpha) = 0{,}95$,

$\overline{\Delta q}$ – припустиме значення абсолютної похибки (Δq) колективної експертної оцінки. Для подальших розрахунків рекомендовано брати $\overline{\Delta q} =$ 6 або 7 [86].

Таблиця 2.3 – Групи класифікаційних ознак витрат на якість процесів підприємства

Група ознак	**Найменування ознак класифікації**
Щодо обліку та аудиту витрат	витрати на планування; витрати на облік; витрати на аналіз; витрати на аудит, контроль
Щодо дефектів	витрати на попередження; витрати на оцінювання рівня якості; втрати від браку
За ієрархією рівнів керування	витрати на рівні керування; витрати на стратегічному рівні; витрати на тактичному рівні; витрати на оперативному рівні
Щодо відповідності	витрати на відповідність; витрати як наслідок невідповідності
За рівнями процесів	витрати на основні процеси; витрати на забезпечувальні процеси; витрати на керуючі процеси
Щодо користувачів	витрати, що стосуються зовнішніх користувачів; витрати, що стосуються внутрішніх користувачів
За характером щодо калькуляційного об'єкта	прямі та непрямі витрати; постійні та змінні витрати
Залежно від рівня ієрархії	витрати на якість продукції; витрати на якість діяльності; витрати на якість фірми
За цільовим призначенням	витрати на забезпечення якості та на управління якістю
За економічним характером	поточні (постійні) та одноразові витрати
За видом витрат	виробничі, невиробничі витрати
За об'єктами формування	витрати на продукцію, процеси або послуги
За видами обліку	витрати за оперативного, бухгалтерського, цільового обліку
За характером структурування	витрати за підприємством, виробництвом, видами продукції
За способом обліку	планові та фактичні витрати
За стадіями життєвого циклу продукції	витрати на якість під час розроблення, виготовлення та експлуатації продукції
За можливістю обліку	витрати, що піддаються прямому обліку, не піддаються прямому обліку та витрати, що недоцільно враховувати
За методом визначення	прямі, непрямі витрати
За функціями	витрати на проєктування, закупівлю, виробництво та ін.

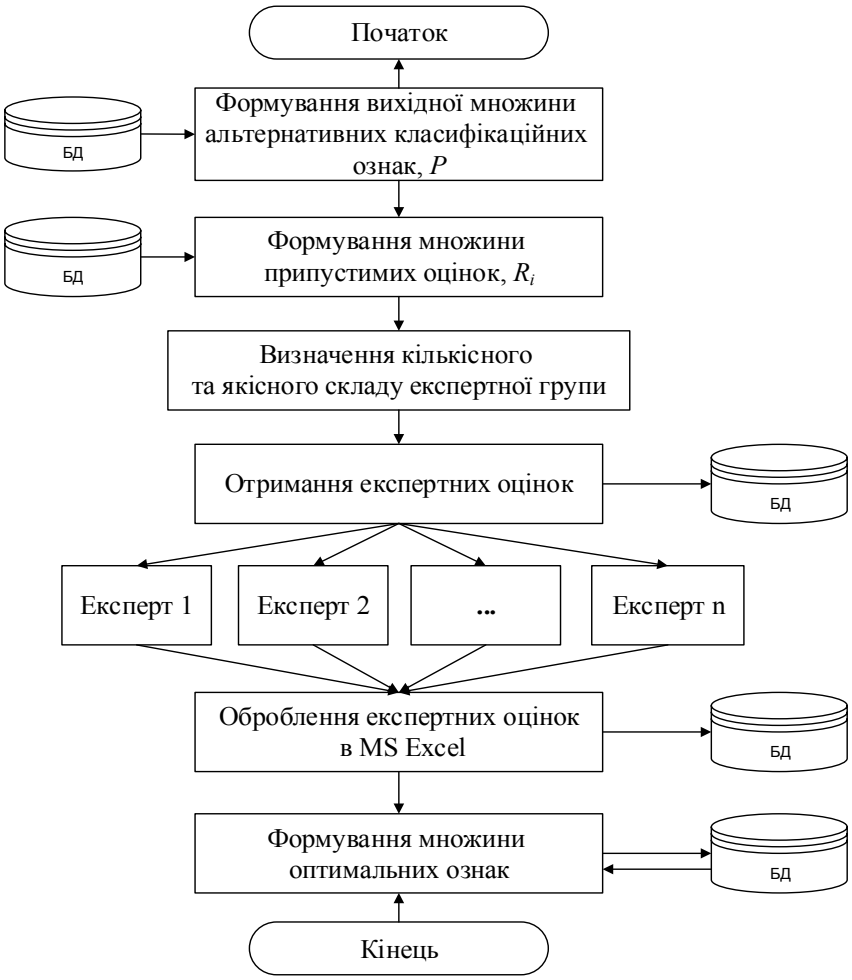


Рисунок 2.4 – Алгоритм проведення методу ранжування під час визначення класифікаційних ознак витрат на якість процесів ІС ІПВ

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

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

Бланк опитування експерта містить перелік груп ознак, наведених у таблиці 2.3, та рангові оцінки.

Оброблення даних експертного опитування полягає у визначенні узгодженості думок експертів і підрахунку зведених характеристик опитування щодо кожного показника. Порядок оброблення даних такий:

1. Розрахунок коефіцієнта узгодженості думок експертів.

2. Визначення статистичної значущості узгодженості думок експертів.

Оцінкою коефіцієнта узгодженості думок експертів є коефіцієнт конкордації Кендела

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

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 $0 \le W \le 1$.

Сума рангових оцінок експертів згідно з кожною ознакою класифікації

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

Середня сума рангів усіх ознак класифікації

$$\bar{S} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{m}\sum_{i=1}^{n} R_{ij} = \frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} S_i = \frac{1}{2}m(n+1). \qquad (2.6)$$

Показник однаковості

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

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

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

Коефіцієнт конкордації W – статистично значущий, якщо

$$\chi^2 > \chi^2_{(1-\alpha):f}, \qquad (2.9)$$

де f – число ступенів вільності, $f = (n-1)$;

α – рівень значущості.

Коефіцієнт вагомості кожної ознаки класифікації

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

Істотно значущими вважають ознаки класифікації, для яких є нерівність

$$g_i > \frac{1}{n}.$$

Саме ці ознаки є визначальними [86].

Підвищення узгодженості думок експертів під час $W < 0{,}6$ досягають завдяки проведенню повторних турів опитування експертів або за допомогою усування експертів, думки яких не узгоджуються з думками інших експертів.

Усувають тих експертів, результати оцінювання якості яких різко відрізняються від оцінювань інших експертів, або за допомогою 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 $\overline{R_{(i)}}$.

Коефіцієнт рангової кореляції

$$r_j = 1 - \frac{6\sum_{i=1}^{n}\left(R_{ij} - \overline{R_{(i)}}\right)^2}{n(n^2-1)}. \qquad (2.11)$$

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

Узгодженість думок експертів з окремих показників оцінюють за коефіцієнтом варіації:

$$C_{Ri} = \frac{\sigma_{Ri}}{R_i}, i = \overline{1,n}. \qquad (2.12)$$

де σ_{Ri} – середнє квадратичне відхилення рангових оцінок i-го показника; $\overline{R_i}$ – середня рангова оцінка i-го показника.

Середнє квадратичне відхилення рангових оцінок експертів для цього показника

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

Чим меншим є 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 подано на рисунку 2.5.

У розробленій класифікації запропоновано всі витрати розділити на дві групи:

а) витрати на забезпечення якості процесів ІС ІПВ (операційні, на контроль, на виправлення помилок);

б) витрати на забезпечення процесу управління якістю процесів ІС ІПВ.

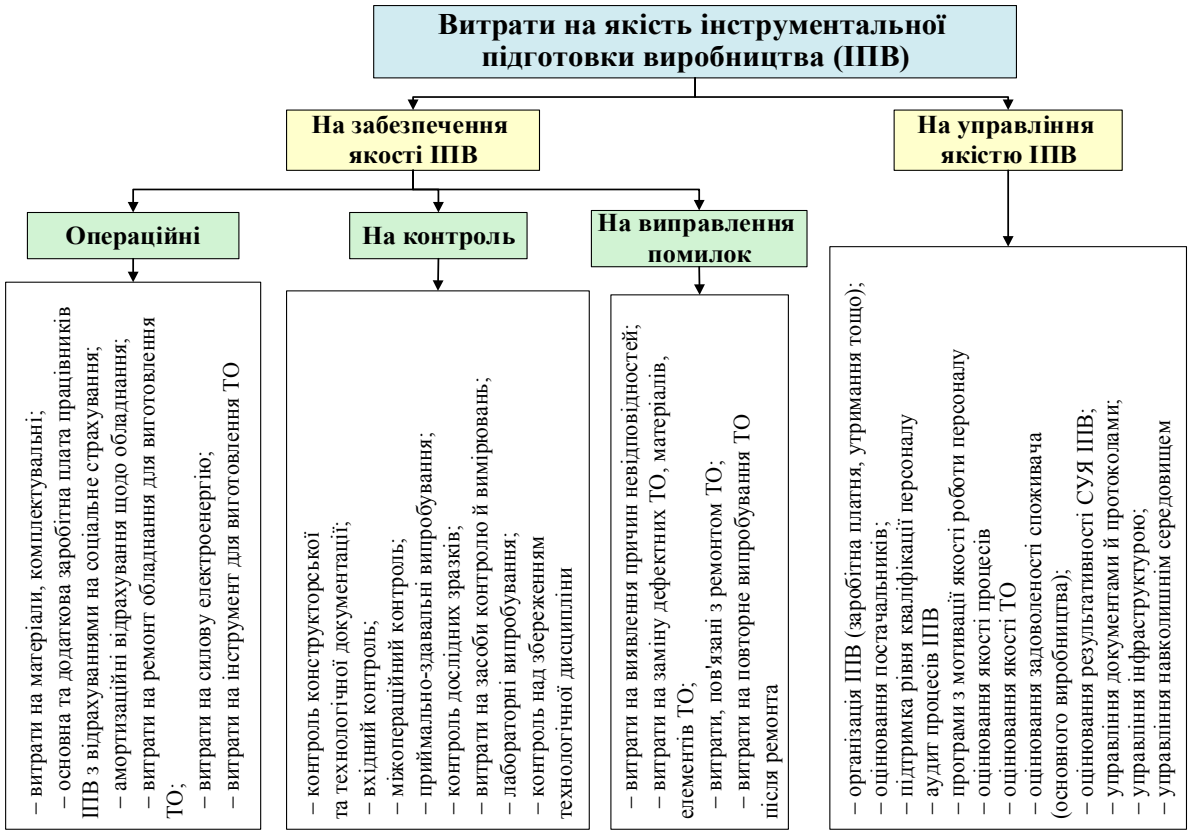


Рисунок 2.5 – Класифікація витрат на якість процесів ІПВ

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

2.3.1 Загальна концепція моделі прийняття рішень в інформаційній системі управління якістю інструментальної підготовки виробництва

Інформація, що отримується про ТЕП ІС ІПВ є тією основою, яка дозволяє приймати стратегічно важливі для керівництва рішення у сфері якості. Водночас ця інформація повинна мати упорядкований, зрозумілий і зручний вигляд для особи (зазвичай керівника), що приймає рішення. Особливо важливим є вибір найбільш прийнятного методу аналізу й оцінювання ТЕП ІС ІПВ. Вибір того або іншого методу визначальною мірою залежить від того, наскільки чітко й коректно поставлені (сформульовані) цілі, та виду інформації, яку необхідно одержати, а також від того, наскільки вона повинна бути точною та оперативною.

У цьому разі пропонується розв'язання проблеми щодо аналізу й оцінювання ТЕП ІС ІПВ за допомогою створення математичної моделі щодо прийняття рішення стосовно ІПВ машинобудівного підприємства. Ця модель повинна ґрунтуватися на основі процесного й системного підходів та забезпечувати виконання принципу міжнародних стандартів ISO серії 9000 – «прийняття рішень на підставі фактичних даних».

Процес прийняття рішень пропонується реалізовувати на основі таких рекомендацій:

1. Визначення цілей і завдань ІС ІПВ.

2. Урахування процесів, пов'язаних не тільки з отриманням якісного інструменту або ТО, а й іншими процесами ІС ІПВ.

3. Орієнтація на вимоги основного виробництва.

4. Визначення всіх необхідних ТЕП, що забезпечать раціональний життєвий цикл інструменту або ТО.

5. Встановлення цільової функції та прийняття рішень на основі визначення відповідної раціональної гілки ЖЦ інструменту або ТО.

З метою виконання цих рекомендацій у роботі запропонована математична модель визначення раціональної стратегії ІПВ, яка ґрунтується на застосуванні методу оптимізації на

графі та теорії марківських ланцюгів. Варто зазначити, що ця модель дозволяє обрати раціональну стратегію ІПВ, але не унеможливлює прийняття іншого остаточного рішення особою, що його приймає.

Алгоритм запропонованої моделі поданий на рисунку 2.6.

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. Заразом у реальних умовах із метою зменшення часу на прийняття раціонального рішення необхідно намагатися (наскільки 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 значущою, але суттєво збільшить час, потрібний на її оброблення, систематизацію тощо.

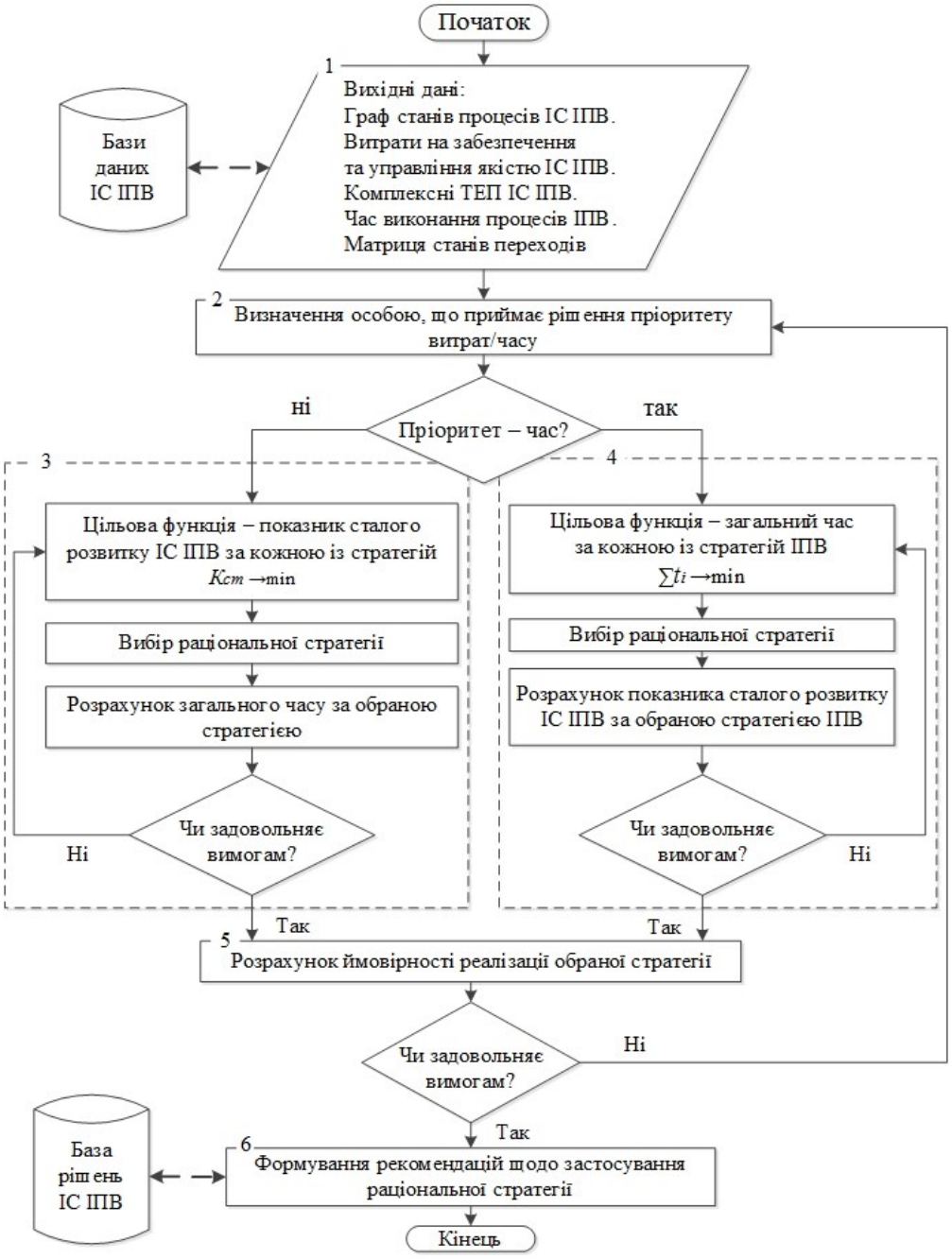
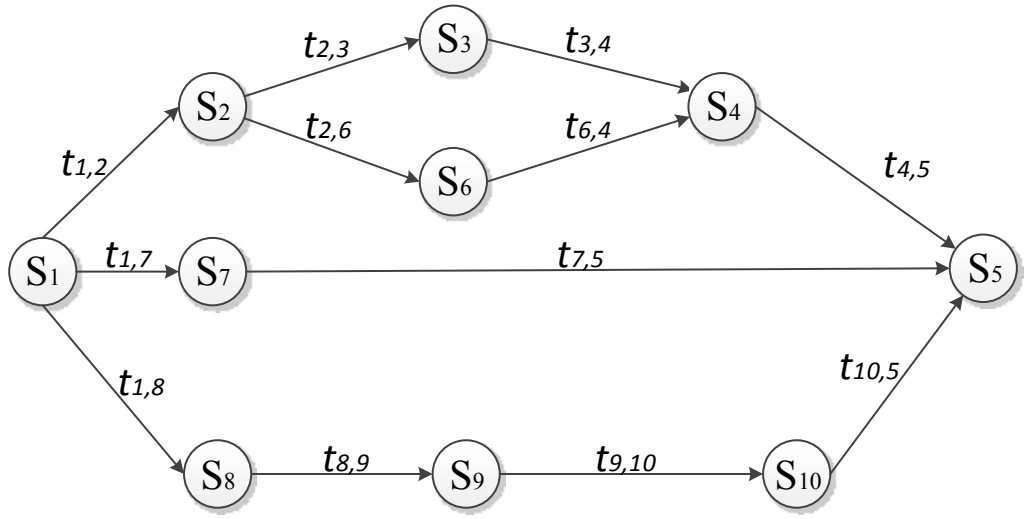
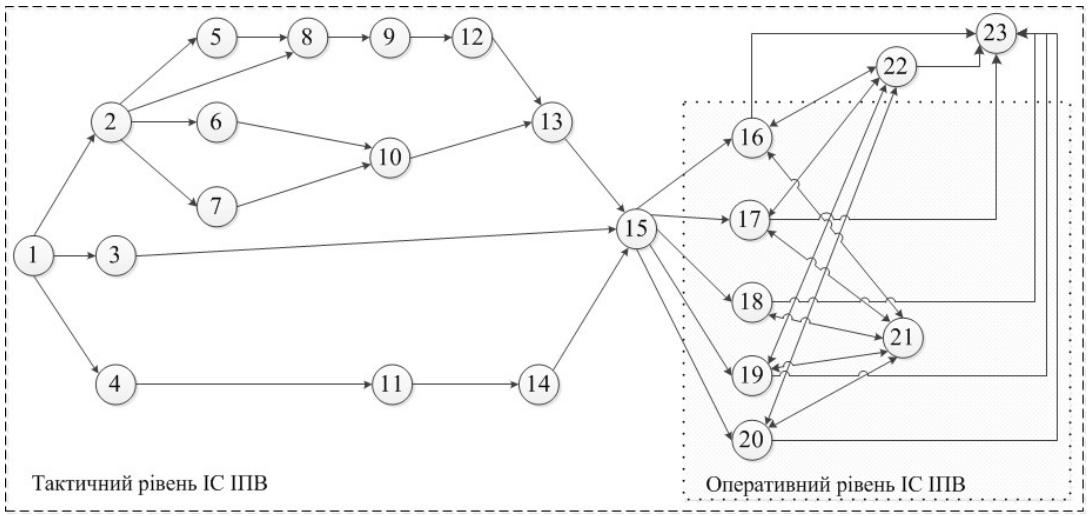


Рисунок 2.6 – Блок-схема реалізації математичної моделі щодо прийняття рішень в ІС ІПВ

Більшість таких систем може виявитися неефективною, тому модель управління ІС ІПВ повинна буди агрегованою. У цьому разі агрегуванням будемо вважати заміну опису відповідної сукупності процесів описом комплексного процесу, який відображає зміст усієї сукупності процесів, які підлягають заміні, та містить істотні характеристики цієї сукупності. Беручи до уваги це зауваження, модель управління ІС ІПВ, наведена в розділі 2.1 (рис. 2.1–2.3), можна подати у вигляді спеціально сформованих графів (рис. 2.7), за допомогою яких можна аналізувати та прогнозувати результати різних можливих стратегій сталого розвитку відповідного напряму діяльності підприємства (організації). Загалом такий граф може мати вигляд орієнтованого графу $G(S, t)$, де S – впорядковані пари вершин, а t – це дуги, що їх з'єднують (рис. 2.7 а). На рисунку 2.7 а наведено загальний вигляд графу станів процесів, де $S1$, $S2$, …, $S10$ – це стани процесів (можуть виражатися кількісно в показниках, які встановлює підприємство), пов'язані дугами $t_{1,2}$, $t_{2,3}$, …, $t_{10,5}$, що означають перехід від одного стану в інший (можуть виражатися, наприклад, в одиницях часу або у вартості переходу залежно від вимог підприємства).



а)



б)

Рисунок 2.7 – Граф станів процесів у загальному вигляді (*а*) та типовий граф станів процесів ІС ІПВ інструменту/ТО (б)

На рисунку 2.7 б подано типовий граф станів процесів ІС ІПВ щодо інструменту/ТО. Вершинами цього графу є процеси ІС ІПВ: 1 – виявлення потреб в інструменті/ТО, її уніфікації та нормативному забезпеченні; 2 – прийняття рішення про виготовлення, модернізацію інструменту/ТО чи використання збірного на основі системи універсально-збірних пристроїв (УЗП) ТО; 3 – прийняття рішення про використання інструментів/ТО, що є в наявності та відповідають усім вимогам, тобто придатних для використання; 4 – прийняття рішення про закупівлю уніфікованого інструменту/ТО; 5 – розроблення проєкту на виготовлення інструменту/ТО; 6 – розроблення проєкту на модернізацію інструменту/ТО; 7 – розроблення проєкту (схеми) складання інструменту/ТО; 8 – підготовка плану випуску інструменту/ТО; 9 – закупівля матеріалів; 10 – закупівля комплектувальних; 11 – закупівля уніфікованого інструменту/ТО; 12 – виготовлення ТО; 13 – приймально-здавальні випробування ТО; 14 – приймальні випробування уніфікованого інструменту/ТО; 15 – зберігання інструменту/ТО; 16 – прокат виготовленого інструменту/ТО; 17 – прокат модернізованого інструменту/ТО; 18 – прокат збірного на основі УЗП ТО; 19 – прокат інструменту/ТО, що є в наявності; 20 – прокат придбаного інструменту/ТО; 21 – централізоване заточування інструменту; 22 – ремонт інструменту/ТО; 23 – утилізація інструменту/ТО.

Згідно з рисунком 2.7 б шлях 1-4-11-14-15-22-23 відповідає стратегії «придбати 10 різців», шлях 1-3-15-22-23 – стратегії «використовувати 10 різців, що є в наявності», шлях 1-2-5-8-9-15-22-23 – «виготовити 10 різців», шлях 1-2-6-10-13-15-22-23 – «модернізувати 10 різців» і шлях 1-2-7-10-13-15-22-23 – «скласти 10 різців із комплектувальних, що є в наявності».

Варто відзначити, що граф є типовим і в певних умовах виробництва деякі процеси можуть бути відсутніми, наприклад 18, або мати іншу назву (суть), наприклад, процес 21 – аналіз стану інструменту (де визначається ступінь зношуваності, точність позиціонування неперетоочуваної пластини, величини зазорів тощо) та 22 – його ремонт (для неперетоочуваного) або централізоване переточування (для переточуваного).

Одна з вагомих переваг сучасних інформаційних систем полягає у створенні єдиного інформаційного простору, що значно спрощує обмін інформацією між структурними підрозділами підприємства як основного, так і допоміжного виробництва, а також збір необхідних даних для прийняття відповідного управлінського рішення, наприклад, про ремонт або утилізацію відповідного ТО або інструменту. Крім того, системи управління, що ґрунтуються на принципах CALS-технологій, дозволяють створювати великі масиви вихідних даних у найкоротші терміни. 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 у балах), прогнозний час виконання процесів ІС ІПВ, а також матриця переходів станів процесів ІС ІПВ (див. рис. 2.7 б).

У блоці 2 (див. рис. 2.6) реалізується процедура визначення особою, що приймає рішення, пріоритету «витрати / час».

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

З огляду на отримані у процесі аналізу результати пропонується процес прийняття рішень щодо вибору раціональної стратегії з ІПВ розділити на дві окремі ланки, подані на рисунку 2.6 у вигляді блоків 3 та 4.

У блоці 3 можна реалізувати стратегію виконання діяльності з мінімальними витратами в разі забезпечення необхідного рівня ТЕП ІС ІПВ, тобто можна реалізувати стратегію забезпечення сталого розвитку ІС ІПВ за кожною із стратегій, що розглядаються. Якщо на підприємстві процес планування випуску продукції є чітко налагодженим, то графік забезпечення робочих місць необхідним інструментом/ТО, зазвичай, є заздалегідь відомим. У такому разі функція часу під час здійснення ІПВ має обмежувальний характер.

Взагалі сталий розвиток – це концепція керованого розвитку, яка поєднує в собі три складові: економічну, екологічну і соціальну [117]. Усі три елементи повинні розглядатися збалансовано, тому основним завданням є їхнє 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 їхні результати та вибрати оптимальний (раціональний) варіант [117–119].

Отже, в основі прийняття раціонального рішення пропонується цільова функція оптимізації – функція визначення коефіцієнта сталого розвитку ІС ІПВ за кожною із можливих стратегій за формулою

$$K_{\text{ст}} = Q \sum_{j=1}^{m} \sqrt[6]{\left(\frac{B_b}{B_j}\right)^{\gamma_1} \cdot K_{oj}^{\gamma_2} \cdot K_{\text{в}j}^{\gamma_3} \cdot K_{\text{я}j}^{\gamma_4} \cdot K_{ej}^{\gamma_5} \cdot K_{\text{с}j}^{\gamma_6}} \to min, \quad (2.14)$$

де Q – показник якості процесу ІС ІПВ;

B_j – витрати на якість процесів ІПВ;

$B_б$ – базовий показник витрат на якість процесів ІПВ;

K_o, $K_в$, $K_я$, $K_е$, $K_с$, – відповідно, організаційно-технічний, виробничий, якості процесів ІС ІПВ, екологічний і соціальний комплексні ТЕП, які розраховуються для кожного процесу життєвого циклу ІС ІПВ за формулою (2.1);

γ_1, …, γ_6 – коефіцієнти вагомості комплексних ТЕП відповідно: організаційно-технічного, виробничого, якості процесів ІС ІПВ, екологічного та соціального.

Використання показника якості процесу ІС ІПВ дозволяє виключити шлях, якість процесів якого не задовольняє вимогам особи, що приймає рішення. Якщо рівень якості процесу ІС ІПВ задовольняє вимогам, то $Q = 1$, якщо не задовольняє, то $Q = 0$.

Витрати на якість процесів ІС ІПВ визначаються окремо для конкретного підприємства згідно із запропонованою в підрозділі 2.2.2 класифікацією з урахуванням його техніко-економічного стану та інших економічних чинників. Також залежно від часу, у який визначаються витрати на якість, вони можуть бути прогнозними чи розрахованими.

Необхідно також відзначити, що витрати на процес життєвого циклу, наприклад ТО, беруться на одиницю ТО, тобто плановані витрати на якість процесів ІС ІПВ можна розраховувати за формулою

$$B = \frac{\sum_{i=1}^{m} (B_{\text{з}i} + B_{\text{у}i})}{K_{ТО}}, \quad (2.15)$$

де $B_{\text{з}i}$ – плановані витрати на забезпечення якості процесу ІПВ; $B_{\text{у}i}$ – плановані витрати на управління якістю процесу ІПВ; m – кількість статей калькуляції витрат на якість процесу ІПВ; $K_{ТО}$ – кількість найменувань інструменту/ТО, щодо процесів ЖЦ якого приймається рішення.

Необхідно зауважити, що на тактичному рівні кожен процес в ІС ІПВ може призводити до витрат, які мають негативну цінність, тобто збільшувати витрати на процес, а на оперативному рівні навпаки. Наприклад, процес переточування інструменту чи ремонту ТО (оперативний рівень) хоча і спричиняє додаткові витрати на якість, тобто, наприклад, збільшення кількості переточувань або ремонтів збільшує вартість робіт, пов'язаних із використанням інструменту та ТО, водночас за такої стратегії збільшуються терміни їхнього використання, що є позитивним, тому що зменшується кількість потрібного для виконання програми інструменту або ТО, який необхідно виготовляти або купувати. Однак ці додаткові на оперативному рівні витрати призводять до збільшення термінів окупності витрат, закладених у виготовлення чи придбання інструменту та ТО, що є негативним на тактичному рівні. Тому для оперативного рівня ІПВ пропонується відносити витрати на якість процесів ІПВ до відповідної кількості ремонтів чи переточувань.

Показники вагомості комплексних ТЕП для конкретного підприємства пропонується визначати експертним способом із застосуванням кваліметричного підходу.

Обмежувальними умовами в разі виконання *блоку 3* є:

а) згідно з визначенням ІПВ – можливість постачання інструментом/ТО для основного виробництва у точно встановлений термін

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

де t_j – час виконання j-го процесу; T – загальний час на забезпечення необхідним інструментом/ТО основного виробництва;

б) згідно з вимогами кваліметрії [86]

$$\sum_{i=1}^{6} \gamma_k = 1. \qquad (2.17)$$

Під час виконання ***блоку 4*** реалізується стратегія мінімізації часу виконання встановлених в ІС ІПВ завдань. Це пояснюється виникненням ситуації, коли час на постачання інструменту або ТО на робочі місця є лімітованим із причин запуску незапланованої партії чи неврахування чинників, які можуть вплинути на наявність необхідних інструментів чи ТО в резервному запасі. У цьому разі обирається стратегія, у якій задані жорсткі часові обмеження не спричиняють перевитрат чи різкого погіршення ТЕП основного виробництва.

Під час виконання цієї стратегії в основі прийняття рішення пропонується цільова функція оптимізації часу виконання процесів ІПВ

$$\sum_{i=1}^{n} t_j = T \to min. \qquad (2.18)$$

Тоді обмежувальними умовами будуть:

$$K_{cm} \to min$$

та

$$\sum_{k=1}^{6} \gamma_k = 1.$$

Блок 5 передбачає обчислення ймовірності реалізації обраної стратегії за допомогою застосування теорії марківських ланцюгів [120–122]. Якщо значення розрахованої ймовірності менше, ніж рівень, який задовольняє особу, що приймає рішення, то 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

ІС ІПВ містить у собі мережу процесів, які можна зобразити у вигляді орієнтованого графу G (S, t) (див. рис. 2.7 а). Завдання прийняття раціональних рішень зводиться до застосування методу оптимізації на графі, тобто знаходження найкоротшого шляху (далі – ЗНШ).

У роботах Т. Сааті, Е. Майника, Г. Вагнер, Г. Хан, С. Шапіро, Х. А. Таха та ін. [122–133] розглянуті основні алгоритми, які застосовуються під час розв'язання завдань знаходження найкоротшого шляху. Необхідно зауважити, що задачі ЗНШ можуть мати різні варіанти постановки завдання, і від цього залежить застосування кожного алгоритму. Основні алгоритми та опис типів завдань, які вони розв'язують, наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні алгоритми під час розв'язання завдань знаходження найкоротшого шляху

Назва алгоритму	**Тип завдань, які можна розв'язати**
Дейкстри	Пошук найкоротших шляхів від однієї з вершин графу до інших за умови, що ребра графа не мають від'ємної ваги
Беллмана – Форда	Пошук найкоротших шляхів від однієї вершини графу до всіх інших у зваженому графі (вага ребер може бути і від'ємною)
Алгоритм пошуку А	Для ЗНШ використовується алгоритм пошуку найменшої вартості від початкової вершини до кінцевої за першим найкращим збігом на графі
Флойда – Уоршелла	Пошук найкоротших шляхів між всіма вершинами зваженого графу
Лі (хвильовий)	ЗНШ ґрунтується на методі пошуку в ширину
Джонсона	Пошук найкоротших шляхів між всіма парами вершин зваженого графу

Одним із ефективних алгоритмів розв'язання завдання знаходження на графі найкоротшого шляху між двома виділеними вершинами S і t за позитивних довжин дуг є алгоритм Дейкстри [122]. Однією з головних переваг цього алгоритму є його простота. Суть цього алгоритму полягає в процедурі додавання нових вершин до множини виділених вершин, які на графі помічають відповідними кольорами. Припускається, що відомі m вершин (процесів ІС ІПВ), най-

ближчих до вершини S (близькість будь-якої вершини x із тих, що розглядаються, до вершини S визначається довжиною найкоротшого шляху, що веде із S до цієї вершини) та відомі найкоротші шляхи, що з'єднують вершину S з виділеними m вершинами. Вершина $(m + 1)$, яка є найближчою до S, повинна бути позначена за допомогою її забарвлення в кольори вершини S і найближчих до неї вершин m. Для кожної незабарвленої вершини y будують шляхи, які безпосередньо з'єднують за допомогою дуг (x, y) кожну вже забарвлену вершину x з y. З цих шляхів обирається найкоротший, який і вважається умовно найкоротшим із вершини S до вершини y.

Найближчою до S вершиною є незабарвлена $(m + 1)$ вершина, для якої умовно найкоротший шлях має найменшу довжину. Це обумовлюється тим, що найкоротший шлях із вершини S в $(m + 1)$-шу найближчу вершину за позитивного значення довжин усіх дуг повинен містити як проміжні лише вже 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 таким способом, як це описано вище. Починаючи з $m = 0$ описана процедура може повторюватися доти, поки не буде отриманий найкоротший шлях, що веде з вершини S до вершини t.

Пошук найкоротшого шляху ведеться в чотири етапи.

Етап 1. Кожній вершині (процесу ІС ІПВ) x у процесі алгоритму присвоюється число $d(x)$, що дорівнює довжині найкоротшого шляху з вершини S у вершину x і містить тільки пофарбовані вершини. Водночас припускається, що $d(S) = 0$ та $d(x) = \infty$ для всіх інших вершин графу. Офарблюють вершину S і припускають, що $y = S$, де y – остання із вже пофарбованих вершин.

Етап 2. Для кожної незабарвленої вершини x перераховується величина $d(x)$ за такою формулою

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

Етап 3. Якщо для всіх незабарвлених вершин $d(x) = \infty$, то дія алгоритму закінчується, тому що відсутні шляхи з вершини S в незабарвлені вершини. В іншому разі офарблюється та вершина, для якої величина $d(x)$ є мінімальною. Офарблюється також і дуга, що відповідно до виразу (2.19) веде в цю вершину, та припускають, що $y = x$.

Етап 4. Якщо $y = t$, то найкоротший шлях із S у t вважаємо знайденим. В іншому разі необхідно перейти до кроку 2.

Треба брати до уваги той факт, що пофарбовані дуги утворюють у вихідному графу дерево з коренем (початком) у вершині S і не можуть утворювати цикл. Це дерево називають орієнтованим деревом найкоротших шляхів. Шлях із S до t відповідно також належить цьому дереву. Під час пошуку тільки одного найкоротшого шляху процедура нарощування завершується в разі досягнення кінцевої вершини цього шляху.

Іноді у графі є кілька найкоротших шляхів. Найкоротший шлях буде єдиним, якщо в алгоритмі жодного разу не виникає неоднозначності під час фарбування тієї чи іншої дуги. Якщо завдання зводиться до одержання всіх найкоротших шляхів, які починаються в першій вершині, то процедура нарощування орієнтованого дерева триває доти, поки в «дерево» не будуть додані всі вершини. Отже, запропонований алгоритм дозволяє отримати орієнтоване дерево найкоротших шляхів, яке є покривальним деревом для всього графу.

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

Визначення коефіцієнта сталого розвитку (див. формулу (2.14)) дозволяє підвищувати рівень обґрунтованості прийнятих рішень. Як вже зазначалося, техніко-економічні показники, які впливають на коефіцієнт сталого розвитку, рекомендовано задля їхнього узгодження і можливості порівняння значущості того чи іншого показника, нормалізувати за допомогою переведення в безрозмірні величини – бали.

Єдину шкалу нормалізації ТЕП системи ІПВ запропоновано розробляти на основі застосування теорії нечітких множин. Методика застосування математичного апарату теорії нечітких множин передбачає [134–136 та ін.] такі основні етапи:

– виділення параметрів, які характеризують досліджувану систему, та 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 чинники;

– перетворення нечіткого логічного рішення в чітке значення (дефазифікація).

Відомо, що сьогодні найбільш використовуваними як базове лінгвістичне значення оцінок ТЕП ІПВ для їхньої нормалізації є чисельні 5- або 7-бальні шкали оцінювання [6]. Так, наприклад, шкала Харрінгтона [137] під час прийняття багатьох рішень дозволяє оцінювати будь-який показник за такими його 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 разі дуже залежною від суб'єктивних чинників, наприклад, судження, сприйняття та емоційного стану того суб'єкта, який приймає рішення. У зв'язку з цим, на наш погляд, більш доцільним є використання під час оцінювання ТЕП не цілочисельних змінних у вказаному діапазоні, а відповідних їм 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

$$X = \text{назва в } T(X),, \qquad (2.20)$$

де X – терм (формальне ім'я об'єкта), який характеризує рівень відповідного ТЕП;

T(X) – терм-множина, у якій терми можуть набувати відповідних їм значень.

Наприклад, якщо терм у $T(X)$ набуває значення «дуже добре», тоді можна написати

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

де «дуже добре» – значення лінгвістичної змінної, що має назву «дуже добре», набуте цією змінною та являє собою обмеження на значення базової змінної u в деякій універсальній множині U, яка може мати вигляд, наприклад, $U = [0, 1]$.

Відповідно до такого запропонованого підходу лінгвістичну змінну «*рівень ТЕП*» можна подати як деяку базову змінну *u,* яка являє собою якусь чисельну змінну, що може у вказаній множині $U = [0, 1]$ набувати будь-якого значення, наприклад, у діапазоні від 0 до 1: 0; 0,1; 0,2; ... або 1,0. Отже, множина U являє собою якусь відносну базову шкалу оцінок, за допомогою якої можна з достатньою точністю 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 набувати, тобто скласти терм-множину $T(X)$, для чого треба сформулювати терми, що входять до неї відповідно до синтаксичних правил, що діють у теорії нечітких множин [133].

Логічним буде припустити, що створювана терм-множина $T(X)$ повинна містити в собі також і такі терми, як добре, погано та задовільно. Водночас будемо вважати, що, наприклад, деяка нечітка підмножина $M(X_1)$, що відповідає значенню лінгвістичної змінної з назвою «погано», не може бути доповненням до нечіткої підмножини $M(X_1)$, яка має значення лінгвістичної змінної з назвою «добре», тобто

$$M(\text{добре}) \overline{\neq} \urcorner M(\text{погано}), \qquad (2.22)$$

де знак $\urcorner$ позначає процедуру доповнення до нечіткої підмножини.

Отже, можемо вважати, що терм-множина змінної «ТЕП» може містити в собі один із таких незалежних термів: *T(ТЕП) = дуже добре + + добре + задовільно + погано + дуже погано.*

У цьому виразі терми «*дуже добре*» і «*дуже погано*» є складеними термами, тобто складаються з терміна (модифікатора) «*дуже*», який «змінює» (підвищує) значущість відповідного атомарного терма «*добре*» та «*погано*», які можуть складатися або з одного слова, як у цьому

разі, або з декількох слів, що завжди (залежно) фігурують разом один з одним [133].

Вказана терм-множина змінної «*ТЕП*» відповідає всім критеріям [133], що враховують особливості сприйняття людиною об'єктів реального світу і їхнього опису:

– під час використання цієї терм-множини людина буде зазнавати мінімальної невизначеності під час описування своєї задоволеності за тими або іншими критеріями;

– під час використання цієї терм-множини значень у разі оцінювання задоволеності експертним способом буде спостерігатися мінімальний ступінь неузгодженості думок експертів.

Як приклад розглянемо варіант синтаксичного правила для складання з терм-множини T (*ТЕП*) складеного терма «*дуже добре*».

Складений терм «*дуже добре*» може бути породжений граматикою виду

$$R = (V_T, V_N, T, P), \tag{2.23}$$

де V_T – множина термінальних символів (компоненти термів у T), наприклад, V_T = *дуже* + *добре*;

V_N – множина нетермінальних символів (синтаксичних категорій), наприклад,

$V_N = T + A$,

де T – терм-множина *ТЕП*,

A – прийняте значення атомарного терма;

P – система підстановок.

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

Система підстановок може мати вигляд

$$\begin{gathered} T \to A, \\ T \to \text{дуже } A \\ \text{A} \to \text{добре} \end{gathered}.$$

Тоді ланцюг підстановок для терма R у T матиме вигляд

$$T \to A \to \textit{дуже } A \to \textit{дуже добре}. \tag{2.24}$$

Аналогічним способом визначаються ланцюжки підстановок для інших термів із терм-множини T(ТЕП).

2.3.3.1 Побудова функцій належності

Наступним не менш важливим завданням є побудова для кожної нечіткої підмножини, що характеризує певне значення лінгвістичної змінної, відповідної функції належності μ_i. Для нашого випадку вигляд функції належності для кожної нечіткої підмножини визначається експертним методом, а самі значення μ_i розраховуються за формулами, відповідними конкретному виду функції.

Призначимо такі значення нечітких підмножин для ТЕП першої групи: відносні показники, значення яких лежить в інтервалі [0–1], а їхні максимальні значення прагнуть до 1, тобто $\max \to 1$.

1. Функцію належності для нечіткої підмножини *M (добре)* можна описати формулою, яка має вигляд

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

де α, β, γ – числові параметри, що приймають довільні дійсні значення.

Значення $\alpha = 0{,}5$, $\gamma = 0{,}2$ і, відповідно, $\beta = 0{,}36$ встановлені експертним способом. Провівши розрахунки за формулою (2.24), для різних значень базової змінної u одержимо вигляд функції належності, який поданий на рисунку 2.8.

Рисунок 2.8 – Вигляд функції належності для підмножини «добре»

2. Для встановлення вигляду функції належності нечіткій підмножині *M (дуже добре)* було прийняте припущення, що модифікатор «дуже» діє як оператор підвищення «чіткості» нечіткої підмножини *M (дуже добре)* у вигляді концентрування, тобто

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

Отже, можемо записати

$$\mu_{\text{АУ}} = \mu_{\text{У}}{}^2. \quad (2.27)$$

Звідки одержимо функцію належності, подану на рисунку 2.9.

Рисунок 2.9 – Вигляд функції належності для нечіткої підмножини «дуже добре»

3. Функція належності для нечіткої підмножини *M (погано)* можна описати формулою виду

$$\mu_{\text{У}}(u,\alpha,\beta,\gamma) = \begin{cases} 0, \text{якщо } u \le \alpha; \\ \frac{2(u-\alpha)^2}{(\gamma-\alpha)^2}, \text{якщо } \alpha \le u \le \beta; \\ 1 - \frac{2(u-\gamma)^2}{(\gamma-\alpha)^2}, \text{якщо } \beta \le u \le \gamma; \\ 1, \text{якщо } u \ge \gamma \end{cases}, \quad (2.28)$$

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

Встановивши експертним способом значення $\alpha = 0{,}5$, і, $\gamma = 0{,}8$, відповідно, $\beta = 0{,}65$ та, провівши розрахунки за формулами (2.28), одержимо вигляд функції належності для різних значень базової змінної *u*, поданої на рисунку 2.10.

Рисунок 2.10 – Вигляд функції належності для нечіткої підмножини «погано»

4. Для встановлення вигляду функції належності нечіткій підмножині *M (дуже погано)* візьмемо припущення, аналогічне припущенню для нечіткої множини *M (дуже добре)*, (див. формулу (2.27)).

Тоді одержимо функцію належності, подану на рисунку 2.11.

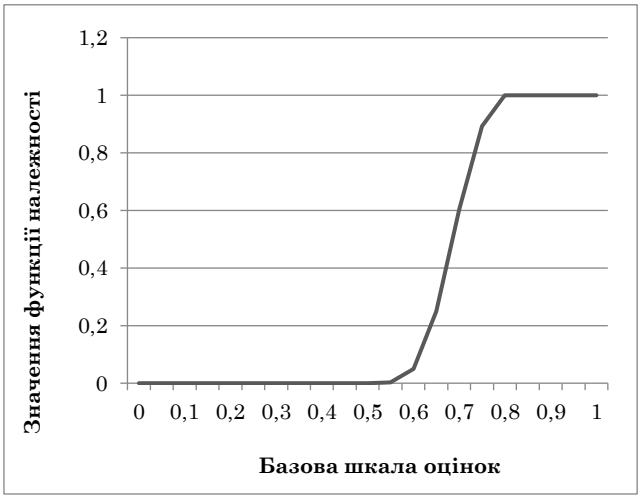


Рисунок 2.11 – Вигляд функції належності для нечіткої підмножини «дуже погано»

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

$$\mu_{\text{чу}} = \begin{cases} 0, \text{якщо } u \le \alpha; \\ \frac{2(u-\alpha)^2}{(\gamma-\alpha)^2}, \text{якщо } \alpha \le u \le \beta; \\ 1 - \frac{2(u-\gamma)^2}{(\gamma-\alpha)^2}, \text{якщо } u \le \gamma; \\ 1, \text{якщо } u = \gamma; \\ 1 - \frac{2(u-\gamma)^2}{(\gamma-\alpha)^2}, \text{якщо } u \le \delta; \\ \frac{2(u-\varepsilon)^2}{(\gamma-\alpha)^2}, \text{якщо } \delta \le u \le \varepsilon; \\ 0, \text{якщо } u \ge \varepsilon \end{cases}, \qquad (2.29)$$

Встановивши експертним способом значення числових параметрів $\alpha = 0{,}5$, $\gamma = 0{,}5$, $\varepsilon = 0{,}85$ і, зважаючи, що $\beta = (\alpha + \gamma)/2$ та $\delta = (\varepsilon + \gamma)/2$, одержимо вигляд функції належності для різних значень базової змінної u, поданий на рисунку 2.12.

Побудувавши всі функції належності на одній площині, одержимо графічне зображення лінгвістичної змінної «ТЕП», подане на рисунку 2.13.

Як бачимо з наведеного графічного зображення, усі нечіткі підмножини, використовувані для оцінювання рівня ТЕП, є нормальними

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

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

Рисунок 2.12 – Вид функції належності для нечіткої підмножини «задовільно»

Крім того, з рисунка 2.13 бачимо, що, крім точок, які лежать в інтервалах [0; 0,2] і [0,8; 1,0], немає жодної точки, для якої виконувалася б умова

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

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

$$max\{\mu_A(u_i)\} \ge \mu_{Aj}(u), 1 \le j \le 11, j \ne i.$$

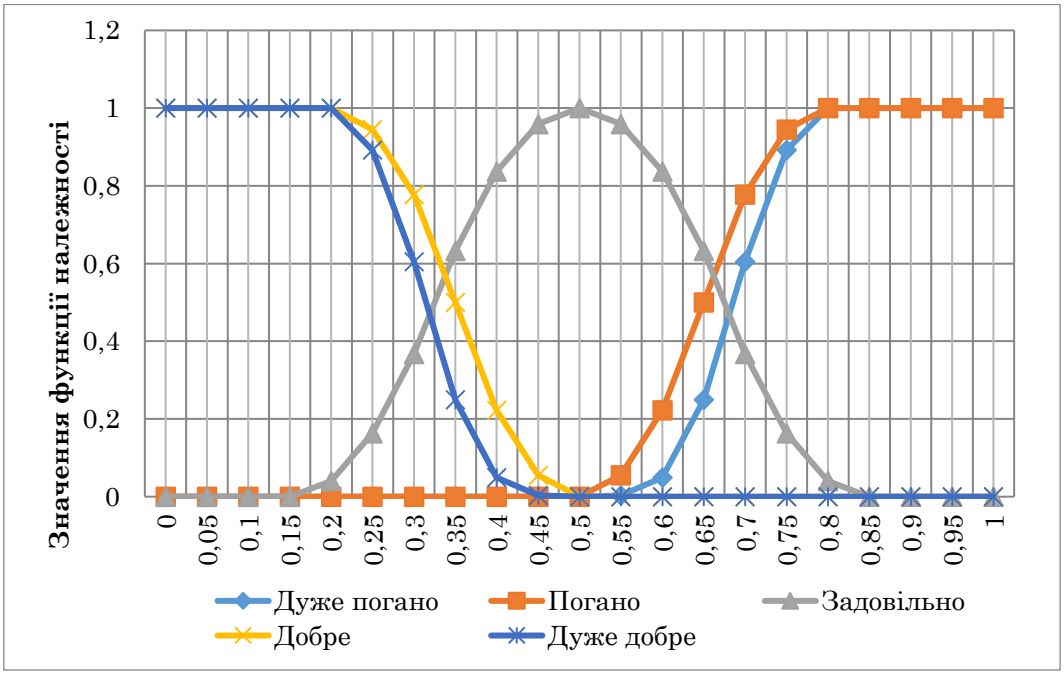


Рисунок 2.13 – Графічне зображення лінгвістичної змінної «ТЕП»

2.3.3.2 Дефазифікація оцінювання показників

Процедура дефазифікації аналогічна пошуку 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 з [138] цей етап не є обов'язковим.

Отже, для встановленого згідно з рисунком 2.13 значення u (див. підрозд. 2.3.3) за допомогою системи нерівностей за таблицею 2.5 для відповідного лінгвістичного значення змінної «*ТЕП*» можна визначати її бальну оцінку.

Таблиця 2.5 – Шкала оцінювання техніко-економічних показників процесів інформаційної системи управління якістю інструментальної підготовки виробництва

Значення ТЕП	**Значення лінгвістичної змінної «*ТЕП*»**	**Бал**
$0 \le u \le 0{,}5$	Дуже добре	1
$0{,}2 < u \le 0{,}34$	Добре	2
$0{,}34 < u \le 0{,}66$	Задовільно	3
$0{,}66 < u \le 0{,}8$	Погано	4
$0{,}8 < u \le 1$	Дуже погано	5

Аналогічно можна здійснювати побудову шкал оцінок для всіх ТЕП другої групи, які мають оптимальне або регламентоване нормативними документами абсолютне значення. У цьому разі на першому етапі визначається інтервал можливих значень конкретного ТЕП у межах підприємства, що аналізується. На подальших етапах відбувається фазифікація, тобто встановлення функцій належності, побудова графічних зображень лінгвістичної змінної відповідного ТЕП за описаною методикою та шкали нормалізації цього показника.

Як приклад розглянемо побудову шкал оцінювання для такого ТЕП, як ступінь автоматизації інструментального виробництва, яким можна вважати: відношення кількості верстатів автоматичної дії до загальної кількості верстатів; відношення кількості технологічних операцій, що виконуються на верстатах автоматичної дії до загальної кількості технологічних операцій, що виконуються під час виготовлення інструментів або ТО, тощо. Зважаючи на значну різноманітність інструментів і технологічного оснащення, що використовуються на сучасному машинобудівному (навіть відносно невеликому) підприємстві, зазвичай, багатономенклатурному, дуже суттєвими є вимоги (з метою зменшення допоміжного, насамперед підготовчо-заключного, часу) до швидкості переналагодження обладнання для виготовлення й ремонтів інструментів (наприклад заточування та переточування) і ТО. Тому оптимальне значення показника автоматизації інструментального виробництва для машинобудівного підприємства у своїй переважній більшості не повинне перевищувати значення 0,7. За такого підходу шкалу нормалізації цього показника доцільно звести до вигляду, поданого в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Шкала нормалізації показника автоматизації інструментального виробництва

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

ТЕП третьої групи визначаються згідно з логічними судженнями експертів. У цьому разі відбувається бальне оцінювання показника за шкалою, поданою в таблиці 2.6 (стовпчики 2 та 3).

На рисунку 2.14 наведено алгоритм застосування запропонованого методу нормалізації техніко-економічних показників в ІС ІПВ машинобудівного підприємства. У цьому алгоритмі згідно з вимогами конкретного технічного завдання на придбання або виготовлення технічного оснащення формується перелік ТЕП ІС ІПВ. Як вже зазначалося, перелік ТЕП формується з трьох класифікаційних груп. Зважаючи на ту обставину, що подані в переліку ТЕП зазвичай мають різну розмірність та свої оптимальні значення, пропонується на наступному після визначення величини кожного ТЕП

кроці обов'язково провести їхню нормалізацію, тобто перевести в безрозмірну величину – бал у суворій відповідності з необхідною шкалою нормалізації, розробленою згідно із запропонованою методикою застосування теорії нечітких множин для кожної групи показників.

Після цього за допомогою підстановки нормалізованих ТЕП у запропоновану в роботі [139] математичну модель формується перелік раціональних рішень щодо поліпшення системи ІС ІПВ, за допомогою якого проводяться аналіз отриманих даних і вибір раціонального рішення.

У запропонованому алгоритмі передбачено також етап вдосконалення процесів (як тактичних, так і оперативних) ІС ІПВ, на якому відбувається втілення в них відповідних сформованих раціональних рішень.

Алгоритм також враховує вимоги ДСТУ ISO 9001:2015 щодо оцінювання результативності й ефективності виконуваних заходів. Цей етап передбачає зворотний зв'язок, який може зажадати коригування технічного завдання та переліку ТЕП ІС ІПВ або вибір альтернативного рішення.

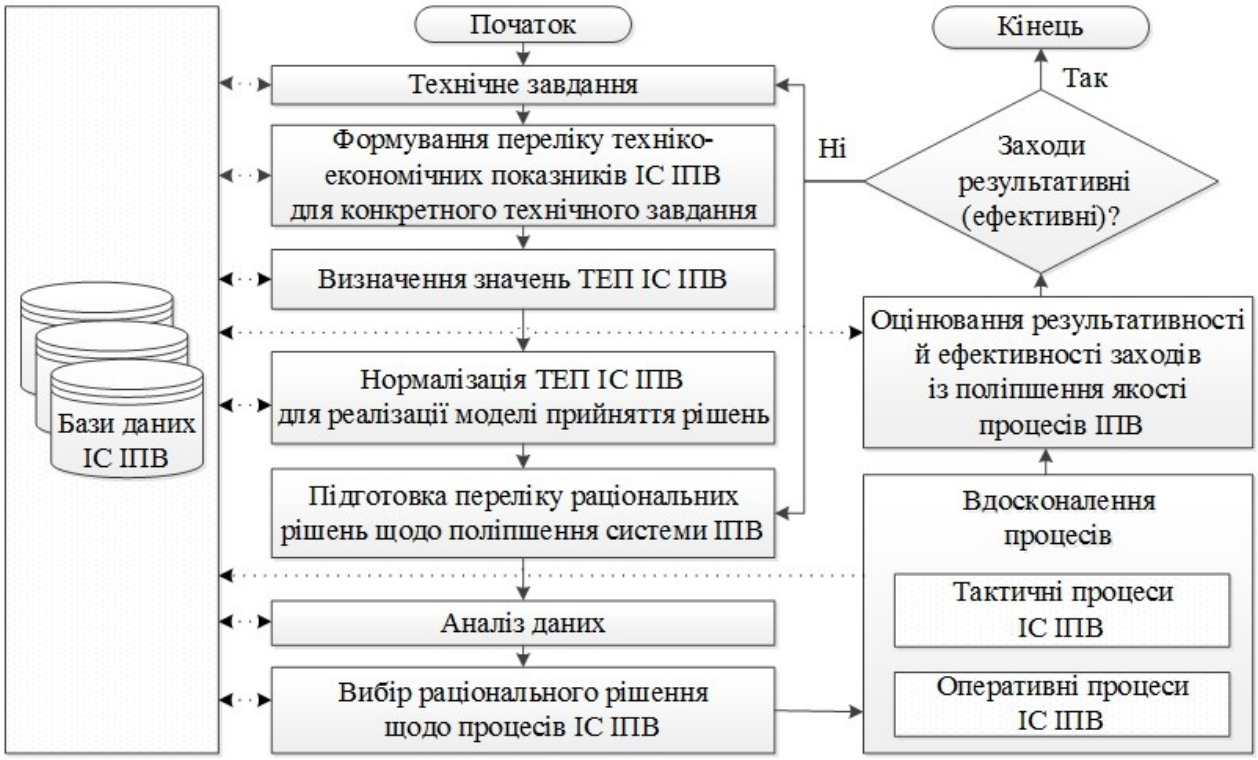


Рисунок 2.14 – Алгоритм нормалізації ТЕП в інформаційний системі управління якістю ІПВ

2.3.4 Застосування марківських ланцюгів під час визначення ймовірності здійснення обраної стратегії

ІС ІПВ являє собою послідовність процесів, які можна подати на графі (див. рис. 2.7). Усі процеси графу виконуються в певній послідовності, тобто кожний процес інструментозабезпечення виконується послідовно і відповідає деякому стану ІС ІПВ. Можна вважати, що ІС ІПВ має марківську властивість, яка полягає в тому, що перехід у наступний стан не залежить від того, як система опинилася в попередньому стані [121, 124].

Марківські процеси і їхній частинний варіант

Марківські ланцюги дозволяють моделювати складні процеси, системи, для яких відомі всі можливі стани, але є невідомим, у якому з цих станів у конкретний час перебуває система.

Чисельною мірою можливості переходу із стану S_i у S_j визначається імовірність переходу P_{ij}. Імовірність P_{ij} характеризує те, як часто після потрапляння системи в i-й стан здійснюється потім перехід у j-й стан. Отже, систему,

що розглядається, можна уявити як якусь точку, яка в деякі моменти часу «перестрибує» з одного стану в інший, що значною мірою визначає динамічний характер самої системи. Інакше кажучи, у цьому разі здійснюється випадкове «блукання» всіма своїми можливими станами.

Модель системи, що розглядається, можна подати у вигляді переліку всіх можливих станів і матриці ймовірностей переходів

$$\|\mathrm{P}_{ij}\| = \begin{vmatrix} \mathrm{P}_{11} & \mathrm{P}_{12} \dots & \mathrm{P}_{1n} \\ \mathrm{P}_{21} & \mathrm{P}_{22} \dots & \mathrm{P}_{2n} \\ \dots & \dots \dots & \dots \\ \mathrm{P}_{n1} & \mathrm{P}_{n2} \dots & \mathrm{P}_{3n} \end{vmatrix}. \qquad (2.30)$$

Водночас повинна виконуватись умова: у кожному стані сума ймовірностей (сума членів кожного рядка матриці) всіх переходів із нього в інші стани (вихідних стрілок) повинна дорівнювати 1 [121]

$$\sum_{i=1}^{n} \mathrm{P}_{ij} = 1. \qquad (2.31)$$

Для наочності завдання станів системи і можливих переходів зручніше її подати у вигляді орієнтованого графу (див. рис. 2.7 а). Стан системи характеризується вершинами графу, які зображують у вигляді кола із вписаним у нього позначенням відповідного (ї) на розглянутий час стану (дії).

Як вихідні дані задається матриця перехідних ймовірностей (див. (2.30)) та початкові ймовірності станів

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

У деяких випадках, незважаючи на випадковість процесу, є можливість до певного ступеня управляти законами розподілу або параметрами перехідних ймовірностей, тобто отримувати керовані марківські ланцюги, що може суттєво підвищувати ефективність процесів визначення ймовірності обраної в ІС ІПВ стратегії. Для прикладу опишемо марківський ланцюг. Дискретні стани системи подані на рисунку 2.15. Дискретність означає, що стани системи змінюються стрибкоподібно. Тому замість координати часу використовуємо номери кроків після впливів на ІС ІПВ. Водночас після k-го кроку система перебуває в одному із станів Sn. Отже, після першого кроку ймовірності подій можна описати

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

після другого кроку

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

після k-го кроку:

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

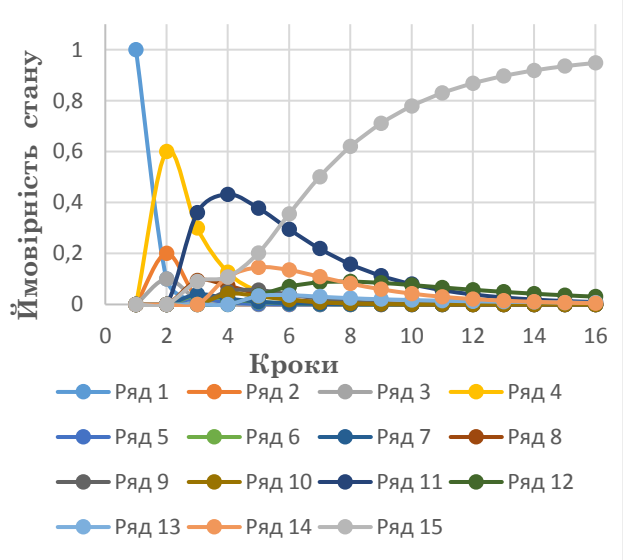


Рисунок 2.15 – Графік зміни ймовірностей станів

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.

У початковий момент система перебуває 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 як

$$\begin{vmatrix} p_1(1) = p_1(0)P_{11} + p_2(0)P_{21} + \dots + p_n(0)P_{n1} \\ p_2(1) = p_2(0)P_{12} + p_2(0)P_{22} + \dots + p_n(0)P_{n2} \\ \dots \\ p_i(1) = p_i(0)P_{1i} + p_i(0)P_{2i} + \dots + p_i(0)P_{ni} \\ \dots \\ p_n(1) = p_n(0)P_{1n} + p_n(0)P_{2n} + \dots + p_n(0)P_{nn} \end{vmatrix}, \qquad (2.32)$$

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

Після першого кроку ймовірність переходу розраховується аналогічно

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

Отже, ймовірність станів після кожного переходу можна розрахувати за узагальненою формулою

$$p_i(k) = \sum_{j=1}^{n} \left(p_i(k-1) \cdot p_{ji}\right)|_{n=N};\ i = 1, 2, \dots, N. \quad (2.34)$$

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

Отже, доведено, що для сучасних багатономенклатурних промислових підприємств, особливо машинобудівного профілю, нагальним є питання розроблення та впровадження системи управління ІПВ підприємства на основі процесного підходу, що дозволяє суттєво підвищувати ефективність управління процесами ІПВ за допомогою розроблення, впровадження й підтримання інформаційної системи управління якістю ІПВ. Для цього запропонована концептуальна модель ІС ІПВ, яка складається з трьох взаємозалежних моделей систем: організаційної, інформаційної й управління якістю. Труднощі з практичною реалізацією запропонованої моделі насамперед обумовлені наявністю проблем, пов'язаних із взаємопогодженістю великої кількості процесів, які становлять ІС ІПВ. Для зменшення впливу цього чинника на ефективність використання розробленої моделі на виробництві запропоновано спеціальний алгоритм її впровадження і відповідні рекомендації, дотримання яких дозволить не тільки покращити якість технологічного оснащення, а й сприяти оптимізації процесів ІПВ, що неминуче призведе до збільшення продуктивності праці, зменшить ресурсозалежність, та, як наслідок, знизить витрати на ІПВ, що безпосередньо впливає на собівартість продукції основного виробництва та на конкурентоспроможність підприємства загалом.

Запропоновані вимоги до розроблення та принципи формування класифікації витрат на якість ІС ІПВ, які враховують специфіку протікання її процесів. Для формування класифікації витрат на якість процесів ІС ІПВ запропоновано використовувати експертний метод ранжування, який є сучасним і ефективним інструментом вивчення й аналізу систем.

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.

Для аналізу й оцінювання ТЕП ІС ІПВ запропонована математична модель щодо прийняття рішення стосовно ІПВ машинобудівного підприємства. Модель ґрунтується 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.

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 тощо) та дозволяє підвищити рівень обґрунтованості прийнятих рішень. На основі застосування теорії нечітких множин запропонована шкала бального оцінювання ТЕП, яка дозволяє узгодити всі ТЕП між собою, а також алгоритм нормалізації ТЕП в ІС ІПВ машинобудівного підприємства.

Частина результатів, розглянутих у цьому розділі, опублікована в роботах [140–149].

РОЗДІЛ 3
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕТОДУ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ ЗА УМОВИ 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 розв'язання, певним складом і рівнем підготовки й кваліфікації персоналу, матеріальними й фінансовими ресурсами тощо. Специфіка етапів визначає характер, структуру цілей і завдань прогнозування, вибір раціональних методів їхнього розв'язання. Раціональним методом прогнозування будемо вважати такий процес його застосування, за якого досягається необхідний рівень розв'язання задач за мінімальних витрат 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 із діяльністю експертів із перероблення необхідної для аналізу й прийняття рішень інформації.

Вибір раціональних методів прогнозування пропонується проводити згідно з такими критеріями:

1. Період попередження прогнозу – проміжок часу, на який розробляється прогноз. За часом попередження 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 далекострокові (понад 20 років).

Тип даних: казуальний (вибірка) і часовий ряд (стаціонарний, сезонний, трендовий і циклічний). Вибірка складається з даних, зібраних 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:

- впливи, що можуть викликати зміни ряду, стабілізувалися, і навколишнє середовище відносно незмінне;
- необхідно спростити модель через недолік даних або для спрощення реалізації прогнозу, або для спрощення пояснення (якщо прогноз принципово не важливий);
- ряд можна перетворити на стабільний;
- стабільність може бути досягнута після коригування яких-небудь чинників.

Трендовий ряд створюють дані, що мають компонент, який характеризує зміну (зростання (збільшення) або зниження (зменшення) значень даних протягом відносно тривалого проміжку часу. Методи прогнозування для таких рядів використовуються у випадках, коли чинник / чинники, що впливають на процес, викликають збільшення або зменшення значень ряду.

Сезонний ряд становлять дані, зміни яких повторюються кожен 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 більше років.

2. Ефективність – перевищення величини економічного ефекту від використання прогнозу над витратами на його розроблення.

3. Безперервність – можливість коригування прогнозу в міру появи нової інформації про об'єкт прогнозування.

4. Верифікованість – точність, ймовірність і обґрунтованість прогнозу.

5. Альтернативність – можливість розвитку об'єкта дослідження (або окремих його елементів) за різними траєкторіями.

Варто зазначити, що специфіка ІПВ дозволяє відсіяти частину методів за критеріями 1 і 2. Так, на підставі мети ІПВ [4] можна зробити висновок про відносно велику швидкість протікання процесів інструментозабезпечення. Період попередження прогнозу в цьому разі не перевищує 1 рік. Отже, за першим критерієм з наведеної на рисунку 1.7 класифікації відбира-

ються 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 і морфологічний аналізи.

Другий критерій є одним із найбільш важливих у виборі методів прогнозування. Тому авторами був проведений аналіз моделей даних в ІПВ. Було встановлено, що кожна стадія життєвого циклу ІПВ характеризується казуальним, сезонним або трендовим типом даних. До методів прогнозування, які оперують сезонними рядами, можна віднести: 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 з критеріями, що залишилися (3–6). 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 із формування експертної групи проводиться кодування чинників і визначення думок експертів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Приклад аркуша аналізу думок члена експертної групи

Метод прогнозування		**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**	**14**
1	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	«Інтерв'ю»	0	1	0	0	1	2	1	1	1	0	0	1	1	1
6	Аналітичний	2	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0
7	Психоінтелектуальної генерації ідей	0	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	2	1
8	Комісій	1	2	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	2	1
9	«Дельфі»	1	2	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
10	Колективної генерації ідей	1	2	1	1	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
11	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 таблиці 3.13. перевага j-го об'єкта перед і-м позначена цифрою 2, рівноцінність – цифрою 1, а перевага j-го об'єкта перед і-м – цифрою 0.*

Розрахувати значення вагових коефіцієнтів, отриманих подвійним попарним зіставленням, можна методом послідовного наближення, у якому результат виміру у (w) наближенні визначається як середньоквадратичне зважене. Первісні результати розглядаються в цьому разі 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 самих думок експертів тощо. Згідно з теоремою Перрона – Фробеніуса [149, 150] за час певних виконуваних на практиці умов цей процес сходиться, тобто вагові коефіцієнти прагнуть до деяких постійних значень, що чітко відбивають співвідношення між об'єктами експертизи за встановлених експертами вихідних даних.

У цьому разі уточнення вагових коефіцієнтів запропоновано робити методом послідовного наближення.

Первісні результати $G_j(1)$ визначаються за формулою

$$G_j(1) = \sum_{j=0}^{m} K_{jl}, \qquad (3.1)$$

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

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

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

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

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

Значення вагових коефіцієнтів у (w) наближенні визначають, як

$$\gamma_j(w) = \frac{G_j(w)}{\sum_{j=q}^{m} G_j(w)}, \qquad (3.3)$$

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

$$\gamma_j(w) - \gamma_j(w-1) \le \varepsilon, \qquad (3.4)$$

де ε – задана точність обчислень, яка звичайно ухвалюється [85]

$$\begin{aligned} \varepsilon &= 0{,}001 \text{ під час } 1 < \alpha \le 5; \\ \varepsilon &= 0{,}01 \text{ під час } \alpha > 5, \end{aligned} \qquad (3.5)$$

де α – коефіцієнт, що показує, у скільки разів вага кращого з показників перевершує вагу гіршого показника.

Результатом експертних оцінок є дві таблиці, зведені в одну, показників вагомості процесів життєвого циклу ІПВ окремо для методів із трендовим типом даних і методів із сезонним типом даних (табл. 3.2).

Показники вагомості методів прогнозування визначають пріоритетний метод прогнозування для конкретного процесу ІПВ.

Отже, можна виділити рекомендовані до застосування раціональні для відповідних умов методи прогнозування показників якості процесів ІПВ. 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 за формулою [85]

$$q = \frac{1}{n}, \qquad (3.6)$$

де n – кількість аналізованих методів прогнозування в кожному процесі ІПВ.

Таблиця 3.2 – Рекомендовані методи прогнозування показників якості процесів ІПВ

Процес ІПВ за етапами життевого циклу	Метод прогнозування														
	Екстраполяції	Експонентного згладжування	Вінтерса	Регресійний аналіз	Кореляційний аналіз	Аналітичний метод	Метод «інтерв'ю»	Психоінтелектуальної генерації ідей	Комісій	«Дельфі»	Колективної генерації ідей	Керованої генерації ідей	Прогнозний сценарій	Історико-логічний аналіз	Морфологічний аналіз
1. Виявлення потреби в інструменті/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. Оцінювання ефективності використання власного інструменту та ТО або покупний інструмент і ТО	–	–	–	–	–	Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	–	–	–
4. Закупівля інструменту та 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 інструменту та ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	–	–	–	–	С	С, Т	С, Т	–	–	–
6. Виготовлення й випуск інструменту та ТО	–	–	–	–	–	–	–	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	–	–	–
7. Зберігання й облік витрат наявності, стану й потреби в інструменті та ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	–	–	–	–	С	С, Т	С, Т	–	–	–
8. Експлуатація інструменту та ТО	Т	Т	С	С, Т	С, Т	С, Т	–	–	–	–	–	–	–	–	–
9. Планово-попереджувальний ремонт або відновлення інструменту та ТО	–	–	–	–	–	–	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	С, Т	–	–	–
10. Збирання і первинне перероблення відпрацьованого інструменту та 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.*

Отже, запропонований метод визначення раціонального методу прогнозування дозволяє значно скоротити час на розроблення або заміну прогнозувальної моделі, хоча він не скасовує перевірку обраних методів на адекватність і визначення помилки прогнозу. Отже, запропонований метод відіграє важливу роль в оптимізації й підвищенні якості процесів ІПВ на всьому життєвому циклі інструменту й оснащення.

3.2 Практична реалізація запропонованої моделі управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва

Якість процесів інструментальної підготовки виробництва значно підвищується під час вдосконалення механізмів і інструментів обміну та оброблення інформації. Аналіз сучасних інформаційних систем, таких як CALS, як подано в розділі 1, дозволяє підвищити ефективність збирання, зберігання, аналізу й передання інформації в ІС ІПВ. Також, як вже зауважувалось, можливості сучасних інформаційних технологій дозволяють проводити розрахунки великих обсягів за умови скорочення на це часу.

Управління ІПВ у сучасних умовах вимагає все більшої оперативності за умови зменшення витрат і часу простоїв. Тому використання ІС ІПВ є одним із 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 на результатну автоматично виконується технічними засобами за заздалегідь 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 на результатну, контролює виконання процесу перетворень.

Зважаючи на вищезазначене, розглянутий у роботі алгоритм прийняття раціонального рішення в ІС ІПВ був реалізований на прикладі процесів тактичного рівня ІС ІПВ за допомогою засобів MS EXEL, а також розробленого програмного забезпечення «Пошук найкоротшого шляху». Засоби Microsoft Excel застосовуються для автоматизації процесу збирання 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.

Як приклад розглядалося прийняття раціонального рішення «придбати 10 різців», «використовувати 10 різців, що є в наявності», «виготовити 10 різців», «модернізувати 10 різців» і «скласти 10 різців із комплектувальних, що є в наявності», під час перевірки обмежувальної умови «час». Тобто виконувався блок 3 алгоритму моделі прийняття рішень в ІС ІПВ, обґрунтована в підрозділі 2.1.

Перший етап запропонованого алгоритму містить побудову графу станів процесів ІС ІПВ. Для процесів тактичного рівня ІС ІПВ граф, зображений на рисунку 2.7, матиме вигляд як подано на рисунку 3.1.

Згідно з цим рисунком 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 комплектувальних, що є в наявності», – шляху 1-2-7-10-13-15-22-23.

Наступний етап полягає у створенні бази ТЕП для конкретного підприємства на основі запропонованої в підрозділі 2.2.2 системи. Це відбувається з урахуванням особливостей підприємства, що розглядається (ПАТ «СМНВО»), та відкиданням загальносистемних ТЕП, а також тих, що корелюють між собою.

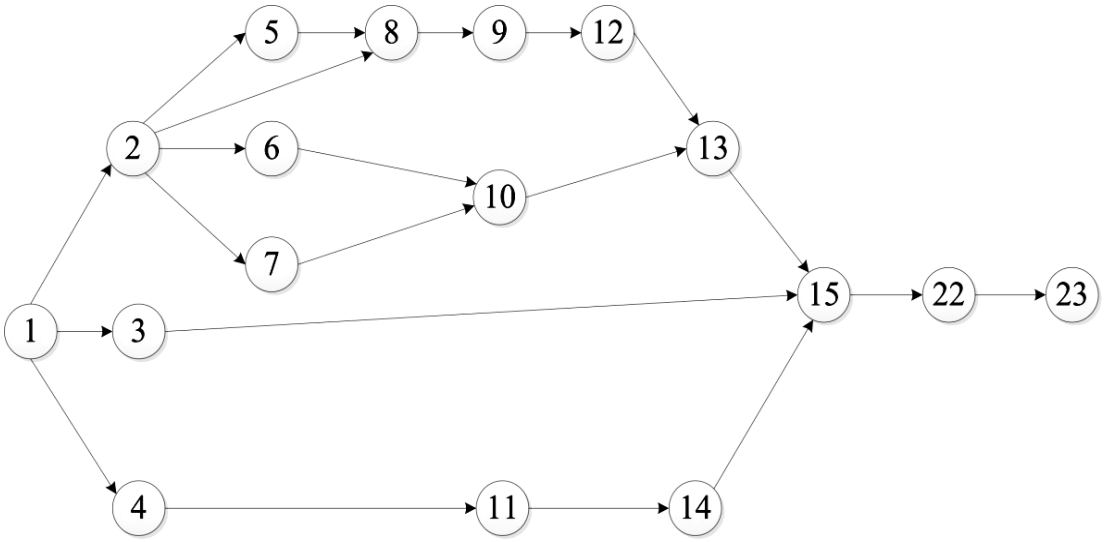


Рисунок 3.1 – Граф станів процесів тактичного рівня ІС ІПВ

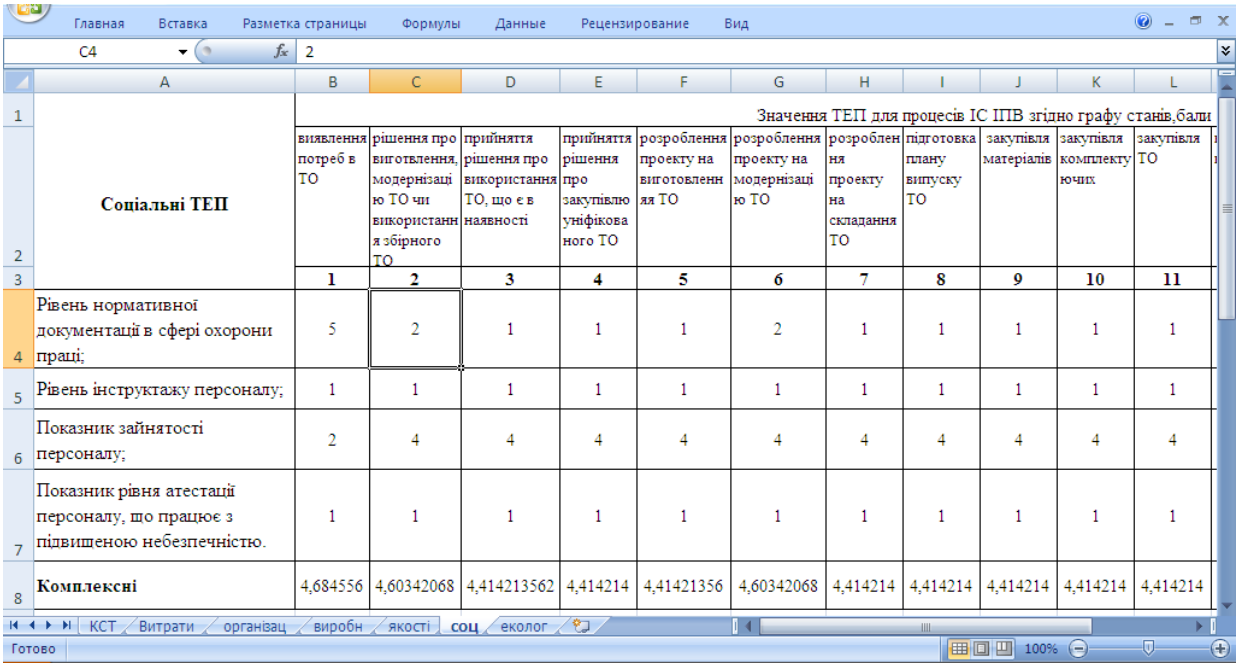
Таблиця 3.3 – Система ТЕП для процесів ІС ІПВ тактичного рівня підприємства, що аналізується

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

На рисунках 3.2–3.3 подані інтерфейси програми Microsoft Excel для збирання інформації щодо планових значень ТЕП в ІС ІПВ, розрахунку комплексних ТЕП ІС ІПВ та коефіцієнта сталого розвитку процесів ІС ІПВ.

Планові значення ТЕП та витрат на якість процесів ІС ІПВ шукали за допомогою методів прогнозування, рекомендації щодо застосування яких обґрунтовані в підрозділі 3.1.

Як бачимо з рисунків 3.2–3.3, 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.



	Соціальні ТЕП	Значення ТЕП для процесів ІС ІПВ згідно графу станів,бали										
		виявлення потреб в ТО	рішення про виготовлення, модернізацію ТО чи використання збірного 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 – Упорядкування інформації щодо значень ТЕП для тактичних процесів ІС ІПВ

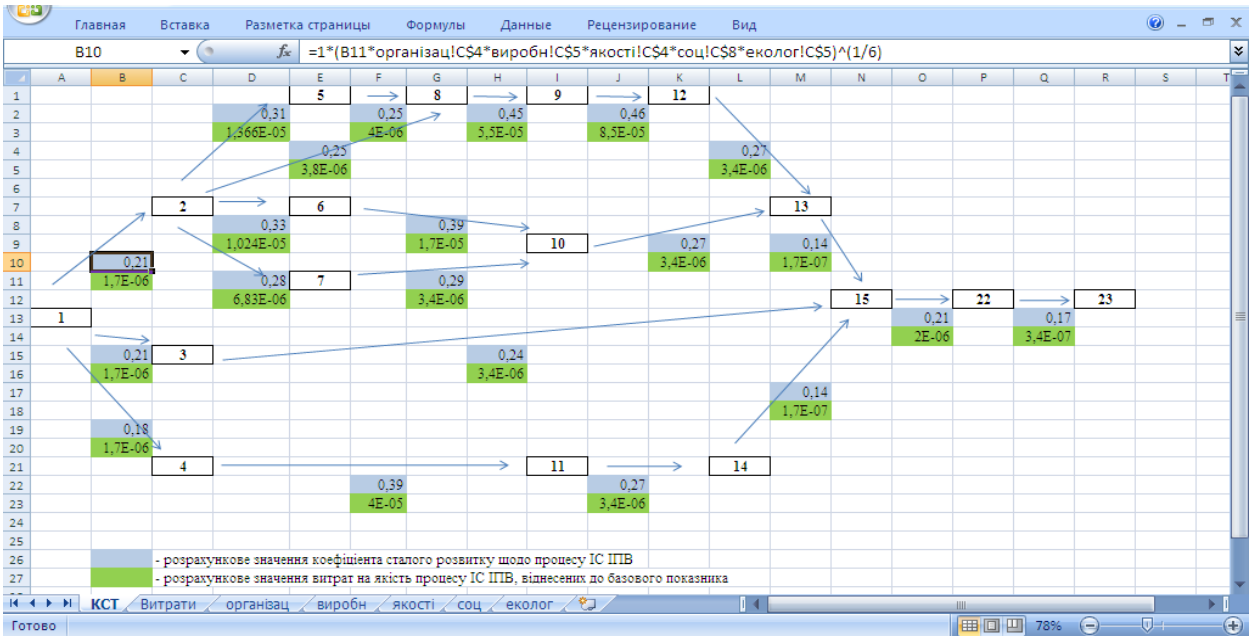


Рисунок 3.3 – Розрахунок коефіцієнта сталого розвитку для тактичних процесів ІС ІПВ

Після збирання вхідної інформації дані переносяться до програмного забезпечення «Пошук найкоротшого шляху», де обчислюється оптимальне значення коефіцієнта сталого розвитку (або часу на виконання процесів ІС ІПВ). На рисунках 3.4–3.9 наведені інтерфейс та основні можливості програми.

На першому етапі відбувається побудова графу станів процесів ІС ІПВ на тактичному рівні, який відповідає рисунку 3.1. Граф будується натисканням кнопок «Разместить вершину» та «Добавить ребро». Є можливість видалити побудовану вершину натисканням кнопки «Удалить вершину».

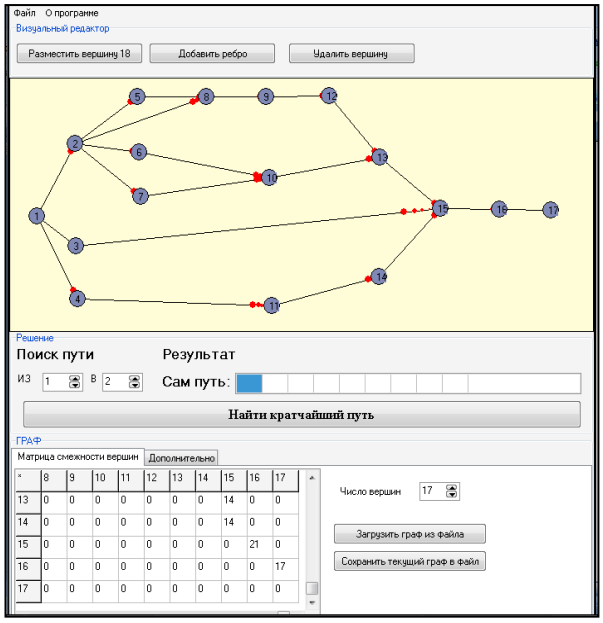


Рисунок 3.4 – Інтерфейс програмного забезпечення для застосування алгоритму Дейкстри під час обчислення коефіцієнта сталого розвитку

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

Найкоротший шлях виділяється зеленим кольором та описується в рядку «Сам путь» вершинами, які входять у шлях. На рисунку 3.5 цей шлях: 1-3-15-16-17. Значення функції оптимізації висвічується в рядку «Путь равен», згідно з рисунком коефіцієнт сталого розвитку дорівнює 0,83.

Тобто під час прийняття рішення «придбати 10 різців», «використовувати 10 різців, що є в наявності», «виготовити 10 різців», «модернізувати 10 різців» і «скласти 10 різців із комплектувальних, що є в наявності», під час перевірки обмежувальної умови «час», раціональним рішенням буде «використовувати 10 різців, що є в наявності».

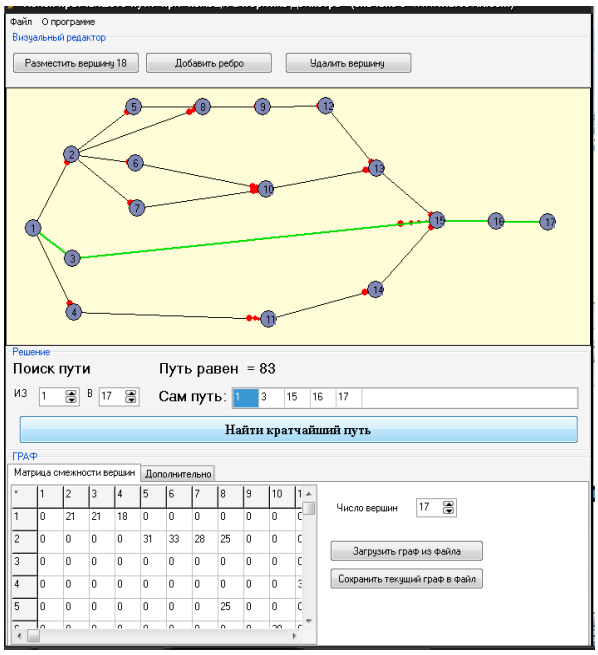


Рисунок 3.5 – Інтерфейс програмного забезпечення для застосування алгоритму Дейкстри під час обчислення оптимального коефіцієнта сталого розвитку

Якщо різців у наявності немає, то ця гілка видаляється за допомогою видалення вершини 3», та знову проводяться розрахунки коефіцієнта сталого розвитку та перевіряється умова «час». У разі видалення гілки «використовувати 10 різців, що є в наявності» програма пропонує нове рішення (рис. 3.6).

Якщо запитаного шляху не існує – програма видає повідомлення «Пути между этими вершинами нет» (рис. 3.7).

Також наявні додаткові можливості програмного забезпечення (рис. 3.7–3.8). Є можливість видалити всі ребра графу, оновити зображення, розподілити рівномірно вершини та зберегти побудований граф у файл.

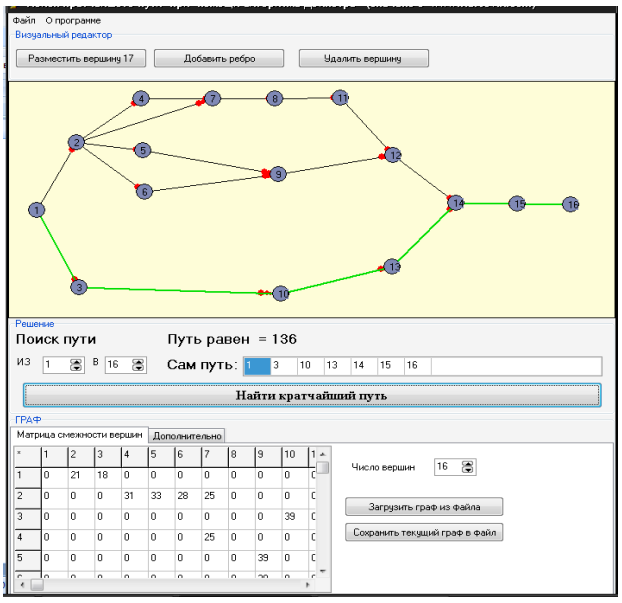


Рисунок 3.6 – Інтерфейс програмного забезпечення «Пошук найкоротшого шляху»

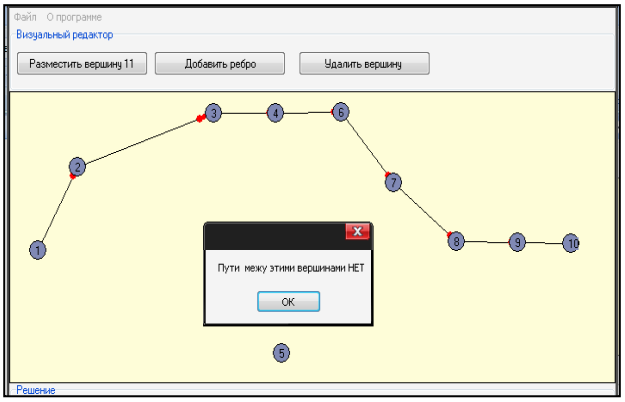


Рисунок 3.7 – Інтерфейс програмного забезпечення в разі неправильного запиту шляху

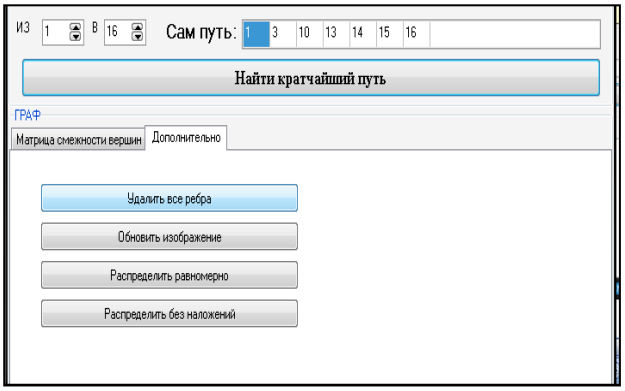


Рисунок 3.8 – Додаткові можливості програмного забезпечення

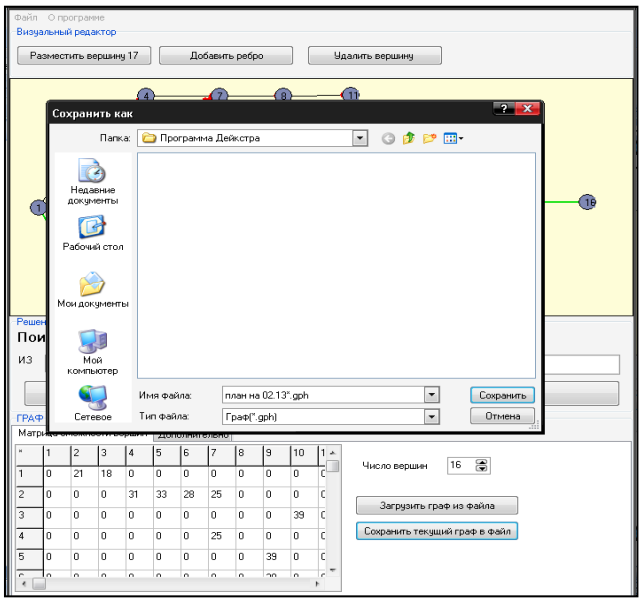


Рисунок 3.9 – Додаткові можливості програмного забезпечення

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 підрозділі 2.3.4.

Типовий граф станів ІС ІПВ (див. рис. 2.8) коригується згідно з особливостями структури підприємства. Для підприємства ПАТ «СМНВО» граф станів (див. рис. 3.1), зважаючи на початкові ймовірності переходів *Pij* матиме вигляд, як на рисунку 3.10.

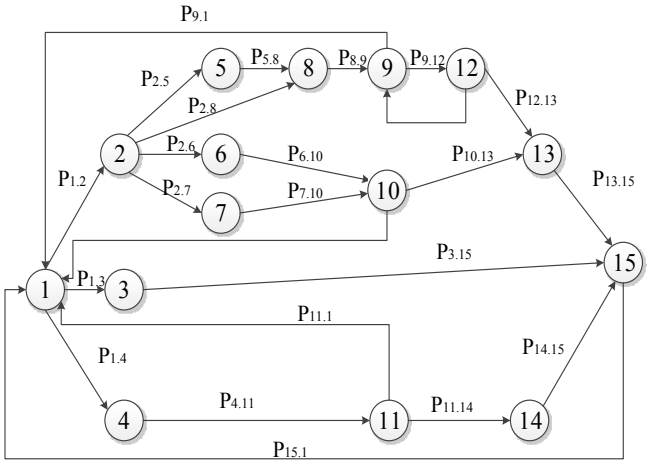


Рисунок 3.9 – Граф станів системи ІС ІПВ

Матриця початкових ймовірностей подана в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Матриця початкових ймовірностей

Вершини графу	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0,1	0,2	0,1	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0,03	0	0	0,12	0,18	0,2	0,47	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,92
4	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0,2	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0,45	0	0	0	0,55	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0,45	0	0	0,55	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0,45	0,55	0	0	0	0	0	0
9	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0,7	0	0	0
10	0,08	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,72	0	0
11	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0,3	0
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0,01	0	0	0,84	0,15	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0	0,85
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,15	0,85
15	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8

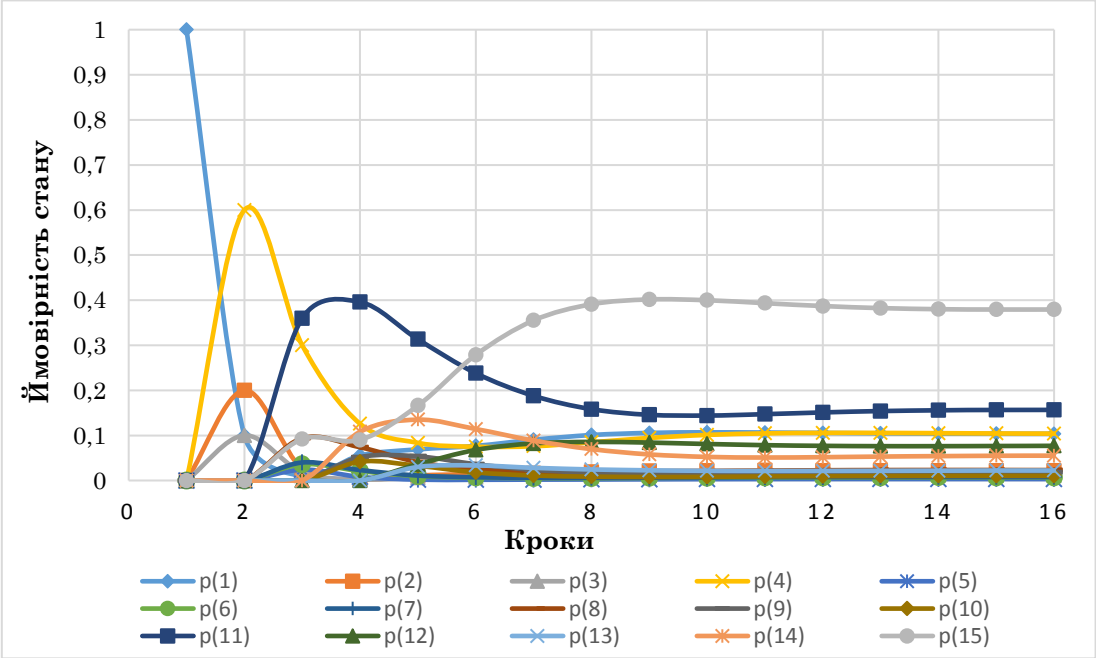


Рисунок 3.10 – Графік зміни ймовірностей станів ІС ІПВ:
1 – виявлення потреб в інструменті/ТО, його уніфікації та нормативному забезпеченні; 2 – прийняття рішення про виготовлення, модернізацію інструменту/ТО чи використання збірного ТО; 3 – прийняття рішення про використання інструменту/ТО, що є в наявності; 4 – прийняття рішення про закупівлю уніфікованого інструменту/ТО; 5 – розроблення проєкту на виготовлення інструменту/ТО; 6 – розроблення проєкту на модернізацію інструменту/ТО; 7 – розроблення проєкту на складання інструменту/ТО; 8 – підготовка плану випуску інструменту/ТО; 9 – закупівля матеріалів; 10 – закупівля комплектувальних; 11– закупівля інструменту/ТО; 12 – виготовлення інструменту/ТО; 13 – приймально-здавальні випробування інструменту/ТО; 14 – приймальні випробування інструменту/ТО; 15 – зберігання інструменту/ТО

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, подані на рисунку 3.10.

Аналіз рисунка 3.10 продемонстрував, що після восьмого кроку спостерігається стійкість розподілу ймовірності. Найбільш ймовірним процесом після процесу зберігання інструменту та ТО є процес 11 – закупівля інструменту та ТО. Тобто найбільш ймовірною є обрана раціональна стратегія.

3.3 Обґрунтування ефективності впровадження Методики прийняття рішень в інформаційній системі управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва

У разі впровадження у виробничих умовах запропонованої в другому розділі моделі постає питання ефективності прийнятих рішень.

У процесі дослідження цієї проблеми науковцями були виділені такі підходи [151]: «альтернативної вартості», «оптимальність Парето», «продуктивності чинників виробництва», «ресурсний», «витратний», «результативний», «цільовий», «потрібнісний», «статико-динамічний». Тому вибір обґрунтованого підходу для визначення ефективності є актуальним питанням під час впровадження моделі прийняття рішень в ІС ІПВ.

Вивчали поняття та підходів до розрахунку ефективності займалися деякі вчені, наприклад, О. В. Олійник, М. О. Ковзель, О. М. Рац [152–154]. 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 за допомогою порівняння отриманого економічного ефекту (результату) з витратами ресурсів, які зумовили отримання цього результату [155, 156].

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) і 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 нижчою є собівартість.

Порівняльна економічна ефективність визначається під час вибору одного з двох і більше варіантів розв'язання певного господарського або техніко-економічного завдання, наприклад, під час вирішення питань з виробництва та застосування взаємозамінних матеріалів і продукції; реконструкції робочих підприємств та ін. Вона дає можливість охарактеризувати переваги одного варіанта порівняно з іншими [156]. Під час визначення порівняльної економічної ефективності величиною економічного ефекту вважається економія, отримана від зниження собівартості продукції, а витратами – додаткові капітальні вкладення, що зумовили цю економію.

Під час порівняння двох варіантів можливе різне співвідношення необхідних капітальних вкладень і рівня собівартості продукції. Той варіант, який характеризується меншими (або однаковими) капітальними вкладеннями й одночасно забезпечує нижчу собівартість продукції, за інших рівних умов визнається економічно вигідним. У разі впровадження запропонованої методики прийняття рішень на машинобудівних підприємствах не унеможливлюються капітальні вкладення (додаткові витрати), наприклад, на програмне забезпечення, додаткову оргтехніку та ін. Але в цьому разі вони не враховуються, тому що на ПАТ «СМНВО» впроваджена інформаційна система SAP.

Зважаючи на вищезазначене, формулу для розрахунку порівняльної ефективності можна подати у вигляді

$$E = \frac{C_б}{C_{пр}},$$

де $C_б$ – собівартість продукції під час виконання базової стратегії інструментозабезпечення (стратегії підприємства), грн;

$C_{пр}$ – собівартість продукції під час виконання прийнятої стратегії (на основі Методики прийняття рішень), грн.

Під час калькулювання собівартості важливе значення має склад витрат, які до неї входять. Собівартість повинна містити у своєму складі витрати необхідної праці, тобто витрати, що забезпечують процес відтворення всіх чинників виробництва (предметів і засобів праці, робочої сили і природних ресурсів). Крім того, зважаючи на специфіку запропонованої методики прийняття рішень, до собівартості необхідно додавати витрати на ІПВ.

Згідно з методикою [157] до статей калькуляції запропоновано відносити:

1) сировину та матеріали;

2) основну заробітну плату виробничих робітників;

3) додаткову заробітну плату виробничих робітників;

4) відрахування на соцстрах;

5) відшкодування зносу спеціальних інструментів і пристроїв:

а) відшкодування вартості спеціальних інструментів (спецоснащення) і пристроїв цільового призначення;

б) витрати на проєктування, виготовлення (придбання) спеціального інструменту (спецоснащення) і пристроїв цільового призначення;

в) витрати на ремонт і утримання в робочому стані спеціальних інструментів;

г) витрати на утримання спеціальних служб підприємства, конструкторських бюро, що спеціально обслуговують поточне виробництво певних видів виробів;

д) витрати на проведення епізодичних і періодичних випробувань, оплата експертиз, консультацій, пов'язаних із використанням спеціальних інструментів і пристроїв цільового призначення;

е) витрати на виконання спеціальних робіт, передбачених технічними умовами тільки під час виробництва окремих виробів із серії або замовлення (особливе виконання);

ж) 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;

и) вартість доданої до виробів технічної документації;

6) витрати на утримання та експлуатацію устаткування;

7) загальновиробничі витрати:

а) витрати, пов'язані з управлінням виробництвом, а саме – на утримання працівників апарату управління структурних підрозділів;

б) на оплату робіт (послуг) консультаційного та інформаційного характеру, пов'язаних із забезпеченням виробництва;

в) витрати на службові відрядження;

г) витрати на повне відновлення основних фондів і 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;

д) витрати на обслуговування виробничого процесу: придбання сировини, матеріалів, палива, енергії, інструментів, пристроїв та інших засобів і предметів праці;

8) загальногосподарські витрати:

а) 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 їхньої реконструкції і модернізації; контроль за виробничими процесами і якістю продукції (робіт, послуг); забезпечення правил техніки безпеки праці, санітарно-гігієнічних та інших вимог та ін.;

б) витрати на пожежну і сторожову охорону (зокрема оплату послуг сторонніх підприємств за пожежну та сторожову охорону);

в) поточні витрати, пов'язані з утриманням та експлуатацією фондів природоохоронного призначення, витрати на захоронення екологічно небезпечних відходів та ін.;

г) витрати, пов'язані з управлінням виробництвом.

Отже, 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 *E* впровадження «Методики прийняття рішень в ІС ІПВ» на підприємстві ПАТ «СМНВО» для п'яти технологічних процесів виготовлення деталей були взяті такі дані за 2013–2014 рр.:

– номенклатура інструменту для їхнього виготовлення подана в таблиці 3.5;

– кошторис собівартості деталі (у таблиці 3.6 подано (як приклад) статті кошторису втулки ущільнення Н17.59.109).

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

Отже, у цьому разі для чотирьох проєктів, у яких виконується обмежувальна умова – виконання інструментозабезпечення точно в термін, – середня ефективність становить 1,13, тобто в середньому ефективність впровадження методики прийняття рішень в ІС ІПВ у відсотках становить $(1{,}13 - 1) \cdot 100\ \% = 13\ \%$.

Таблиця 3.5 – Номенклатура інструменту за деталями

Деталь	**Інструмент, необхідний для виготовлення деталі**
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
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-MM GC2025; – різець підрізний DCLNL 3232P12; пластина CNGP 120408-MM GC2025: – різець канавковий RAG123K11-40B; 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 С4-PWLNR-27050-06JET; пластина WNGG 060402-MFI; – канавковий різець С4-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 ВК6 ГОСТ 24996-81; – різець 21450601 ВК6 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 Ø15,5; – свердло 2301-3674 Р6М5 ГОСТ 10903-77 – свердло спіральне Ø30; – свердло 2301-3708 Р6М5 ГОСТ 10903-77 Ø40; – різець 2103-0714 ВК8 ГОСТ 20872-80; – фреза 2214-0155 ВК8 ГОСТ 9473-80 – фреза торцева насадна ø125; – 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**
Вал 1.3910-650.10-02	250	$C_б$	14 037,04	1,32	+
		$C_{пр}$	10 634,12		
Втулка ущільнення Н17.59.109.01	200	$C_б$	513,97	1,15	+
		$C_{пр}$	446,9		
Вал-шестерня 317-225.261-01	400	$C_б$	72,71	0,995	–
		$C_{пр}$	73,07		
Поршень верхній 265А.212-5	400	$C_б$	3 143	1,058	+
		$C_{пр}$	2 970,7		
Корпус СТКТ 3.1.1.010.320-00.03	250	$C_б$	10 113,6	1,023	Забезпечення фрези не виконано в заданий термін
		$C_{пр}$	9 886,2		

Висновки

1. Визначені критерії вибору методу прогнозування, який найбільш адекватно враховує специфіку конкретного процесу ІПВ. На основі цих критеріїв за допомогою експертного методу проведено кількісне оцінювання застосування методів прогнозування ТЕП процесів ІПВ. Хоча запропонований метод не містить перевірку обраних методів на адекватність і визначення помилки прогнозу, він дозволяє значно скоротити час на розроблення прогнозованої моделі та її результативності загалом. Це дозволяє повною мірою підвищити гнучкість системи ІПВ вітчизняних промислових підприємств у швидкозмінних умовах.

2. Апробована математична залежність процесу прийняття рішення під час управління якістю процесів ІС ІПВ. Доведено, що вона дозволяє в розробленій ІС ІПВ приймати ефективні оперативні рішення.

3. Продемонстровано, що отримані результати і рекомендації відіграють важливу роль у поліпшенні якості перебігу процесів системи ІПВ та її результативності на всіх етапах життєвого циклу інструменту та оснащення будь-якого машинобудівного підприємства.

4. Запропоновано програмне забезпечення реалізації моделі прийняття рішень дозволяє підвищити ефективність збору, зберігання, аналізу й передання інформації в ІС ІПВ.

5. Сьогодні існує багато підходів для визначення ефективності вдосконалення діяльності за допомогою впровадження нових методів. Тому обрання правильного 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 містить собівартість продукції основного виробництва, у 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 становить 13 %.

РОЗДІЛ 4
РОЗРОБЛЕННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТА НОРМАТИВНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОЦЕСІВ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА

4.1 Алгоритм розроблення і впровадження інформаційної системи управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва

Впровадження моделі ІС ІПВ, запропонованої в підрозділі 2.1, значно полегшить управління процесами інструментозабезпечення, оптимізує потоки інформації як всередині ІС ІПВ, так і назовні, а також ліквідує вузькі місця під час управління.

Передумовами впровадження ІС ІПВ на машинобудівному підприємстві можуть стати: необхідність автоматизації процесів управління ІПВ та їхня складність; необхідність управління потоками робіт; можливість інтеграції із функціонувальними системами; територіальний розкид підприємства, а також відповідність міжнародним, галузевим стандартам.

Проте треба брати до уваги, що процес впровадження ускладнюється наявністю та співпрацею різних структурних підрозділів та осіб, які відповідають за окремі види діяльності. Тому для мінімізації ризиків, пов'язаних із реалізацією цієї моделі, необхідно розробити (скласти) алгоритм її розроблення та впровадження (рис. 4.1). Впровадження ІС ІПВ полягає в такому:

1. Прийняття рішення керівництвом стосовно впровадження ІС ІПВ.

На цьому етапі керівництво провинно визначити групу фахівців і керівника проєкту з впровадження системи, визначити й відобразити в документах їхні функції та обов'язки, переконатися в компетентності персоналу, який входить до групи фахівців.

2. Формування вимог до ІС ІПВ.

Група фахівців формує перелік вимог, яким повинна відповідати ІС ІПВ. На основі переліку вимог до ІС ІПВ та техніко-економічного обґрунтування її впровадження розробляє проєкт технічного завдання та подає його на затвердження керівнику підприємства.

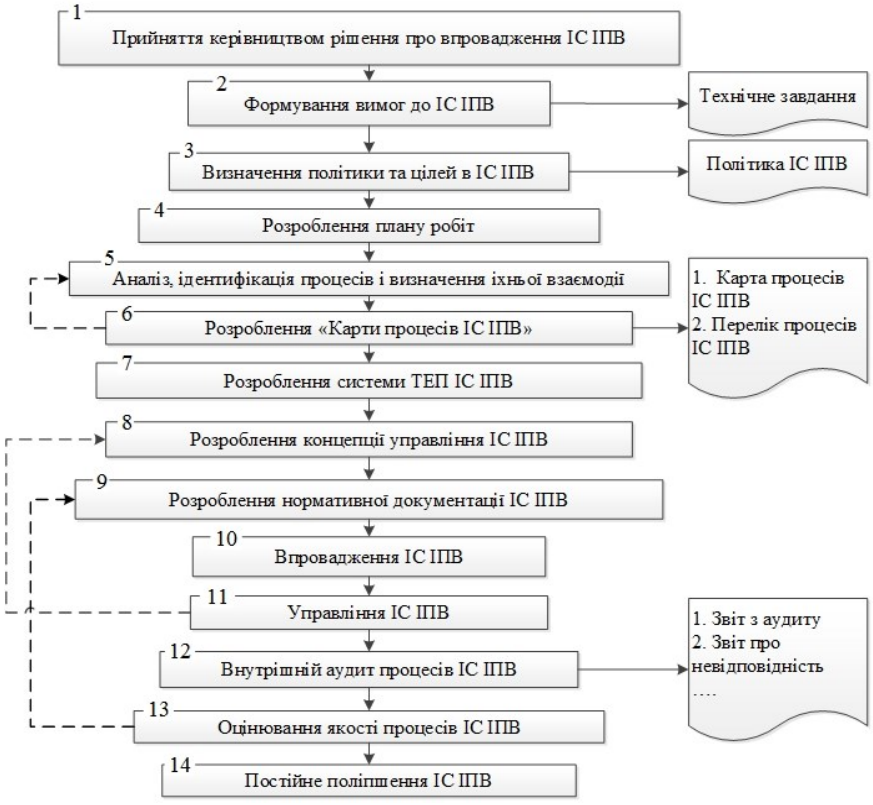


Рисунок 4.1 – Алгоритм впровадження системи ІС ІПВ

3. Визначення політики та цілей ІС ІПВ.

Робоча група формує проєкт політики та цілей ІС ІПВ. Керівник проєкту узгоджує цей проєкт зі структурними підрозділами, що є учасниками цього процесу, та подає його на затвердження керівнику підприємства.

4. Розроблення плану робіт.

На цьому етапі керівник проєкту розроблює проєкт плану робіт, визначає основні етапи виконання робіт, терміни їхнього виконання та подає його на затвердження керівнику підприємства.

5. Визначення, аналіз та ідентифікація процесів, що діють в ІПВ.

Робоча група визначає список процесів ІПВ та виконує їхній аналіз.

Ідентифікація процесів ІС ІПВ і визначення їхніх взаємодій. На основі детального аналізу всіх процесів, що діють в ІПВ, робоча група виділяє окремі процеси, встановлює власників, споживачів і постачальників кожного процесу; цілі, які мають бути досягнуті в кожному з розглянутих процесів; хто вимірює (оцінює) результати процесів; хто або що ініціює на початку кожного процесу; вхідні параметри процесів, хто і як їх вимірює; як і ким (відповідальні особи) або разом із ким реалізують кожний процес; виходи відповідних процесів, або що є результатом їхнього виконання; наявність опису алгоритму дій (модель) для перетворення відомих входів у задані виходи кожного процесу; порядок дій за змін у процесі його здійснення; як і за допомогою яких критеріїв проводиться оцінювання кожного процесу.

Класифікація, угрупування та кодування процесів ІС ІПВ. Базу для класифікації й угрупування процесів формують чинні на підприємстві положення про структурні підрозділи й посадові інструкції. Основні процеси, тобто процеси, безпосередньо пов'язані зі створенням доданої вартості, доповнюють підтримувальними процесами й процесами управління. Виявлення в організації основних процесів полегшує завдання визначення належності всіх процесів підприємства до певної групи.

Визначення нових процесів ІС ІПВ. Після того, як отримано перелік наявних процесів ІПВ, керівник проєкту аналізує анкету детального обстеження з метою виявлення процесів, наявність яких вимагає стандарт ДСТУ IS0 9001:2009, але яких немає у складеному списку. Цей список також необхідно погодити зі співробітниками ІПВ і за необхідності внести в нього зміни. За кожним новим процесом необхідно провести роботи з його ідентифікації. На основі вимог, що ставить нова система, оцінюють інфраструктуру та визначають роль відділу інформаційних систем.

6. Розроблення «Карти процесів ІС ІПВ».

На основі отриманої інформації про чинні й нові процеси робоча група розробляє «Карту процесів ІС ІПВ» в організації. «Карту процесів ІС ІПВ» погоджують зі співробітниками ІС ІПВ і за необхідності вносять у неї зміни. На основі «Карти процесів» керівник проєкту розробляє «Перелік процесів ІС ІПВ в організації». Потім «Карту процесів ІС ІПВ» і «Перелік процесів ІС ІПВ в організації» затверджує керівництво.

7. Розроблення системи ТЕП ІПВ.

На основі політики та цілей ІС ІПВ розроблюють загальну систему техніко-економічних показників процесів ІС ІПВ, після чого її затверджує керівництво.

8. Розроблення концепції управління системою ІПВ.

На основі розробленої «Карти процесів ІС ІПВ» і технічного завдання робоча група із залученням представників постачальника програмного забезпечення здійснює оцінювання необхідних ресурсів для реалізації системи ІС ІПВ, проєктують інтерфейс системи та створюють концепцію управління.

9. Розроблення нормативної документації системи ІС ІПВ.

Робоча група із залученням персоналу системи ІПВ проводить роботи з розроблення, оформлення та затвердження документації на організаційну модель ІПВ, інформаційну модель системи ІПВ і систему управління якістю ІПВ (див. рис. 2.1).

10. Впровадження ІС ІПВ.

Робоча група із залученням представників постачальника програмного забезпечення проводить: підготовку персоналу, забезпечення технічними засобами робочих місць, впровадження програмного забезпечення, запуск системи, випробування та її дослідну експлуатацію.

11. Управління ІС ІПВ.

На цьому етапі керівники підрозділів ІПВ здійснюють обстеження наявних форм і методів управління виробництвом, їхнє оцінювання і порівняльний аналіз, визначають «вузькі місця» в управлінському процесі та чинники, які відіграють головні як позитивні, так і негативні ролі в управлінні процесом, а також здійснюють пошук критеріїв оцінювання ефективності управління процесом. Відповідальний за процес одразу після визначення значення того або іншого показника й виявлення його відхилення сповіщує цю інформацію керівнику підрозділу, який здійснює регулювальний вплив і розроблює рекомендації, спрямовані на підвищення ефективності управління процесом.

12. Внутрішній аудит ІС ІПВ.

Група з аудиту згідно з графіком проведення внутрішніх аудитів або управлінських рішень керівництва ІПВ проводить внутрішній аудит процесів ІС ІПВ. Аудитори здійснюють збирання даних (методами опитування, вивчення документів, спостереження за діяльністю та ін.), аналізують їх і фіксують невідповідності у «Звіті про невідповідність». Після проведення аудиту групою з аудиту формують «Звіт з аудиту», на основі якого керівники процесів проводять коригувальні та попереджувальні дії.

13. Оцінювання рівня якості процесів ІС ІПВ.

Відділ управління контролю якості протягом встановленого проміжку часу здійснює оцінювання рівня якості процесів ІС ІПВ, визначає тенденції змін процесу та за необхідності формує рекомендації з його коригування. Існують різні підходи щодо методів оцінювання рівня якості процесів, які досить детально розглянуті в [85].

14. Постійне поліпшення ІС ІПВ.

Вище керівництво ІПВ задля постійного поліпшення ІС ІПВ систематично переглядає та актуалізує політику і цілі ІПВ щодо якості, контролює поширення інформації про політику та цілі у сфері якості з метою підвищення обізнаності, мотивації та залучення персоналу на всіх рівнях підприємства, реалізує принцип орієнтації на споживача (основне виробництво) у всіх підрозділах ІПВ, підтримує функціонування результативної й ефективної системи управління якості відповідно до ДСТУ ISO 9001:2015, забезпечує ІС ІПВ необхідними ресурсами, здійснює систематичний аналіз ІС ІПВ, розроблює систему заходів для удосконалення ІС ІПВ.

4.2 Розроблення рекомендацій щодо нормативного забезпечення інформаційної системи управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва

4.2.1 Рекомендації щодо нормативного забезпечення інформаційної системи управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва

Для впровадження запропонованої інформаційної системи управління якістю процесів ІПВ були розроблені проєкти типових стандартів організації України для кожного з етапів ЖЦ: проєктування, розроблення та виготовлення інструменту й оснащення. Ці проєкти документів наведені в [73].

Стандарт організації України (далі – СОУ) – стандарт, що встановлює вимоги до конкретного виду продукції, процесу (роботи), послуги, розроблений однією фізичною або юридичною особою і вживаний тільки цією фізичною або юридичною особою починаючи від дати введення в дію до моменту скасування або заміни.

Метою розроблення СОУ є розроблення, актуалізація та підтримка внутрішньої організаційно-методичної та нормативної документації для функціонування організації, яка відповідає вимогам ДСТУ ISO 9001:2015.

СОУ визначають цілі і порядок виконання окремих видів діяльності із зазначенням відповідальності, повноважень і взаємин персоналу, який керує, виконує, перевіряє та аналізує цей вид діяльності.

СОУ розробляють керівники структурних підрозділів із залученням фахівців, що безпосередньо здійснюють вид діяльності, на який поширюється цей вид документа. СОУ рекомендовано викладати та оформлювати згідно з вимогами ДСТУ 1.5:2003 «Національна стандартизація. Правила побудови, викладення, оформлення та вимоги до змісту нормативних документів».

Проєкт СОУ «Інструментальна підготовка виробництва в інформаційній системі підприємства» поширюється на інформаційні системи

ПАТ, використовувані в процесах життєвого циклу інструментальної підготовки виробництва. Стандарт встановлює стадії й етапи проєктування та розроблення інструменту та ТО, виготовлення інструменту та ТО, а також зміст робіт на кожному етапі.

Укрупнена структура стандарту наведена на рисунку 4.2.

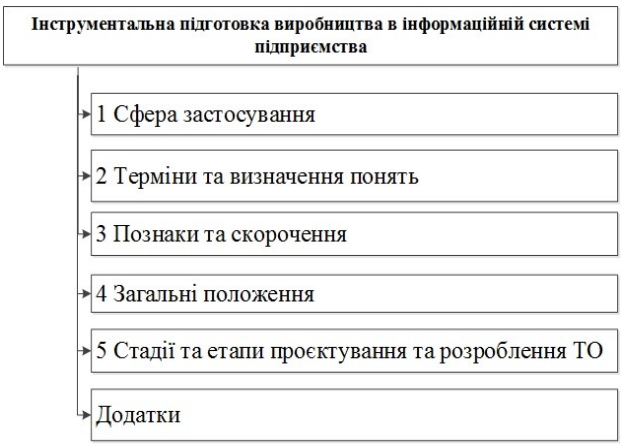


Рисунок 4.2 – Структура СОУ «Інструментальна підготовка виробництва в інформаційній системі підприємства»

У розділі 4 «Загальні положення» наведені цілі процесу проєктування та розроблення інструменту та ТО, викладені вимоги до стадій та етапів розроблення, проєктування та виготовлення інструменту та ТО в умовах ІС ІПВ.

Перелік стадій та етапів створення інструменту/ТО наведений у розділі 5 «Стадії та етапи створення інструменту та ТО». Етапи створення інструменту та ТО містять: формування вимог до ТО; розроблення концепції інструменту та ТО; технічне завдання; технічний проєкт; розроблення робочої документації; введення в дію та супровід інструменту та ТО.

У розділі 6 наведений документообіг процесу проєктування та розроблення інструменту та ТО машинобудівного підприємства. У цьому розділі в таблицю зведені процеси створення інструменту та ТО, входи та виходи процесів, отримувачі документів, власники підпроцесів, терміни виконання та особи, що виконують контроль за процесами.

У додатку А цього СОУ наведений зміст робіт щодо етапів створення інструменту та ТО, викладених у розділі 5.

Проєкт СОУ «Експлуатація технологічного оснащення в умовах функціонування інформаційних систем» поширюється на процес експлуатації технологічного оснащення та на застосування інтерактивних електронних технічних керівництв.

Укрупнена структура стандарту наведена на рисунку 4.3.

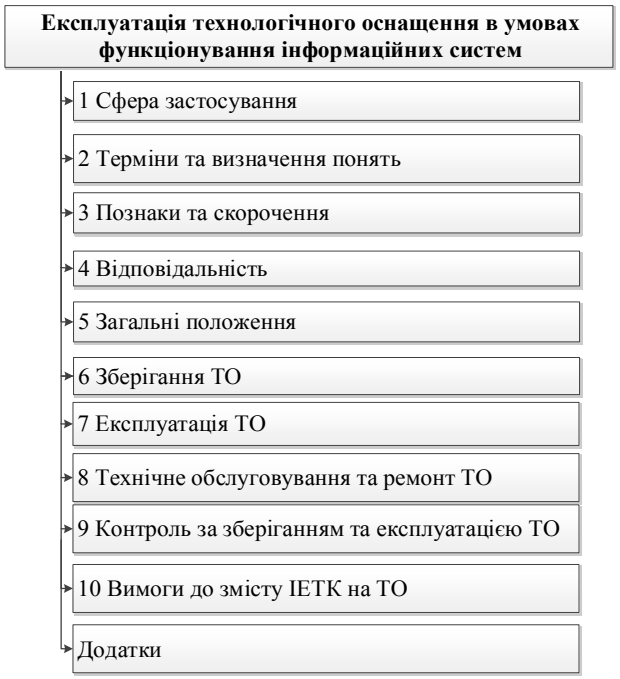


Рисунок 4.3 – Структура СОУ «Експлуатація інструменту та технологічного оснащення в умовах функціонування інформаційних систем»

У розділі 4 «Відповідальність» покладена відповідальність на головного інженера підприємства за виконання цілей, визначених стандартом.

У розділі 5 викладені загальні положення щодо використання інструменту та ТО на підприємстві; викладена класифікація інструменту та ТО; визначені напрями забезпечення інструменту та ТО; запропоновані рекомендації щодо інтерактивних електронних технічних керівництв інструменту та ТО.

У розділі 6 наведені основні вимоги до зберігання інструменту та ТО та основні вимоги до визначення запасу інструменту та ТО в ІС ІПВ.

Вимоги до експлуатації інструменту та ТО регламентовані в розділі 7 «Експлуатація ін-

струменту та ТО». Встановлені вимоги щодо видачі інструменту та ТО та заборони щодо використання інструменту та ТО на підприємстві.

Розділ 8 «Технічне обслуговування та ремонт інструменту та ТО» містить вимоги до періодичних перевірок інструменту та ТО, дії стосовно непридатного інструменту та ТО та вимоги стосовно ремонту інструменту та ТО.

Також у стандарті наведені вимоги до контролю над експлуатацією та зберіганням інструменту та ТО (розділ 9) та вимоги до змісту ІЕТК (розділ 10).

У додатках А–В цього проєкту подані форми електронних журналів приходу та обліку інструменту, а також вигляд дефектної відомості.

4.2.2 Розроблення проєкту Типової методики прийняття рішень в інформаційній системі управління якістю процесів інструментальної підготовки виробництва

На базі проведених досліджень щодо прийняття рішень в ІС ІПВ та, зважаючи на результати, отримані під час їхньої апробації на конкретних підприємствах, був розроблений проєкт «Типова методика прийняття рішень в ІС ІПВ», який наведено у [73]. Цей документ рекомендовано для використання на всіх машинобудівних підприємствах України. Розроблений проєкт Типової методики поширюється також і на системи управління якістю ІПВ, на процеси ІС ІПВ, а також на осіб, що приймають рішення в ІС ІПВ.

Методика призначена для використання під час планування процесів забезпечення технологічним оснащенням основного виробництва в умовах функціонування інформаційних технологій. Водночас вона дозволяє уніфікувати методи обстеження ІС ІП та отримувати результати щодо рівня ТЕП поточного стану ІС ІПВ, а також планованих ТЕП ІС ІПВ не тільки для підприємств, що аналізувалися, а й в галузі машинобудування загалом.

Типова методика – нормативний документ, що встановлює порядок здійснення оцінювання техніко-економічних показників процесів ІС ІПВ, проведення розрахунків коефіцієнта сталого розвитку та на їхній основі прогнозування перебігу процесів із метою прийняття рішення щодо раціональної стратегії управління процесами ІС ІПВ машинобудівних підприємств України.

Методика розроблена у зв'язку з вимогами стандарту ДСТУ ISO 9001:2015, а також враховує основні положення керівних нормативних документів ПАТ «СМНВО» щодо функціонування ІПВ в умовах інформаційних технологій.

Методи, що використовують для виконання робіт щодо пропонованої методики, описані в розділі 2 цієї роботи.

Необхідність розроблення Типової методики обумовлена також скороченням витрат на процеси ІС ІПВ, а також на розроблення методів управління якістю процесів ІС ІПВ.

Одним із важливих розділів цієї Типової методики є запропонована класифікація ТЕП ІС ІПВ, а також метод їхнього оцінювання на основі застосування теорії нечітких множин.

Загалом запропонована Типова методика дозволяє скоротити час на виконання досліджень процесів ІС ІПВ, прогнозування їхнього перебігу з урахуванням специфіки підприємства та на основі застосування методів оптимізації приймати раціональне рішення щодо управління якістю процесів ІС ІПВ як на оперативному, так і на тактичному рівнях.

Висновки

1. Розроблено нормативно-методичне забезпечення функціонування ІС ІПВ. Запропоноване нормативно-методичне забезпечення дозволяє на кожному машинобудівному підприємстві розробляти систему управління якістю ІС ІПВ із урахуванням специфіки підприємства, сукупності технологічних процесів, характеру технологічного оснащення, що випускають, та інших виробничих особливостей.

2. Розроблена Типова методика прийняття рішень в ІС ІПВ дозволяє оперативно виконувати дослідження процесів ІС ІПВ, прогнозування їхнього перебігу з урахуванням специфіки підприємства та на основі застосування методів оптимізації приймати раціональне рішення щодо управління якістю процесів ІС ІПВ як на оперативному, так і на тактичному рівнях.

3. Частина розглянутих результатів опублікована в роботах [154].

ВИСНОВКИ

1. Продемонстровано, що кожен процес ІПВ характеризується особливою специфікою, яка визначає характер, структуру цілей і завдань прогнозування та вибору методу їхнього розв'язання залежно від обраної в ньому математичної теорії прогнозування. Тому необхідно розробити рекомендації щодо вибору раціонального методу прогнозування на кожному етапі ЖЦ процесів ІПВ.

2. У сучасних системах управління підприємством витрати на управління інструментальною підготовкою виробництва розглядають тільки в ракурсі управління матеріальними ресурсами. Статті витрат одночасно беруть із системи традиційного бухгалтерського обліку, у якому, зазвичай, відсутні статті витрат на забезпечення як якості продукції та технологічних процесів її виготовлення, так і усього підприємства загалом. Тому в цій роботі автори запропонували нові підходи до формування класифікації витрат на якість промислового підприємства, на підставі яких визначили класифікацію витрат на ІПВ з урахуванням витрат і на забезпечення її якості.

Отже, у цій роботі запропоновані підходи до вдосконалення методологічних принципів створення моделі управління витратами на якість процесів ІПВ для розв'язання питання прийняття раціональних рішень з оперативного управління якістю ІПВ, розроблення принципів формування інструментарію для управління якістю процесів ІПВ в умовах функціонування інформаційних технологій, з метою підвищення ефективності та конкурентоспроможності машинобудівних підприємств загалом.

На основі проведених досліджень можна зробити висновки:

1. На основі аналізу сучасних тенденцій у галузі інформаційних технологій була розроблена модель управління якістю інструментальної підготовки виробництва машинобудівного підприємства на базі 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 був розроблений інструментарій, який дозволяє врахувати специфіку конкретного процесу ІПВ під час вибору методів прогнозування будь-яких показників на кожному етапі життєвого циклу технічного оснащення.

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

4. Запропоновано 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: ТЕП, що прямують до одиниці; ТЕП, які мають оптимальне абсолютне значення та ТЕП, що визначають згідно з логічними судженнями експертів.

6. Запропоновано принципи формування інструментарію управління якістю ІПВ. На їхній основі розроблена математична модель управління техніко-економічними показниками з урахуванням витрат на якість ІПВ, яка дозволить спрогнозувати найбільш імовірний сценарій протікання процесів ІПВ, оперативно приймати управлінські рішення, тим самим мінімізувати витрати на ІПВ. Під час вибору раціонального рішення вперше запропоновано застосовувати коефіцієнт сталого розвитку ІС ІПВ. Доведена універсальність запропонованої моделі, застосовність незалежно від специфіки підприємства.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Зеленцова Е. В.** Системный подход к инструментальному обеспечению предприятия [Електронный ресурс] / Е. В. Зеленцова, Н. Ф. Зеленцова. Режим доступа : http://www.instrument.spb.ru/zurnals/24/zurnal_24Theme1.shtml.

2. **Губич Лилия.** Компьютеризация инструментального производства – приоритетная задача промышленности / Лилия Губич, Григорий Иванец, Валерий Поздняков // «САПР и графика». – Москва : Машиностроение, 2001. – № 2. – С. 23–25.

3. **Гриньова В. М.** Організація виробництва : підручник / В. М. Гриньова, М. М. Салун. – Київ : Знання, 2009. – 582 с. – ISBN 978-966-346-508-1.

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. – Київ : Техніка, 1985. – 103 с.

6. **Ивченко А. В.** Управление качеством инструментальной подготовки производства многономенклатурного машиностроительного предприятия : 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. – Москва : Машиностроение, 1985. – 304 с.

8. **Ивченко А. В.** Оптимизация организационной структуры инструментальной подготовки производства / А. В. Ивченко, В. А. Залога // Сучасні технології в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Харків : НТУ «ХПІ», 2008. – Вип. 2. – С. 238–248.

9. ДСТУ ISO 9001:2015 Системи управління якістю. Вимоги: (ISO 9001:2015, IDT) – На заміну ДСТУ 9001-2009 ; – надано чинності 2015-12-31. – Київ : УкрНДНЦ, 2016. – 30 с.

10. **Martynov A.** Information And Analytical Tools Management of Innovative Expenses of The Enterprise / A. Martynov, E. Chernodubova. – Scientific Notes of Taurida National V. I. Vernadsky University. Series: Economy and Management, 2019. URL : https://doi.org/10.32838/2523-4803/69-4-15.

11. **Xu J. Y.** Study on Whole Life Cycle Management of Cutting Tool / J. Y. Xu, G. C. Wang, G. Liu. – Advanced Materials Research, 2012. – P. 234–239. URL: https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/amr.455-456.234.

12. Enterprise Tool Management Software [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.tadcon.com/eTMS %20solution.htm.

13. **Chemborisov N.** Tool management systems. / N. Chemborisov, R. Khisamutdinov, D. Akhmetzyanov. – Russian Engineering Research, 2010. – P. 94–96. URL : https://doi.org/10.3103/S1068798X10010211. .

14. **Баронов В. В.** Автоматизация управления предприятием. Серия «Секреты менеджмента» / В. В. Баронов. др. – Москва : ИНФРА-М, 2000. – 239 с.

15. Применение ИПИ технологий в задачах обеспечения качества и конкурентоспособности продукции : методические рекомендации. – Москва : 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. Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2003. – 439 с. – ISBN 5-238-00416-8.

17. **Псигин Ю. В.** Управление системами и процессами машиностроения : учебное пособие / Ю. В. Псигин. – Ульяновск : УлГТУ, 2003. – 76 с. – ISBN 5 – 89146 – 300 с.

18. **Норенков И.П.** Основы автоматизированного проектирования / И. П. Норенков. – Москва : 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. – Київ : МАУП, 2004. – 192 с.: іл. – Бібліогр. в кінці розділів. – ISBN 966-608-340-X.

20. CALS [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://uk.wikipedia.org/wiki/CALS.

21. **Давыдова М. В.** Классификация систем автоматизированного проектирования и систем поддержки жизненного цикла изделий по функциональному признаку и составу решаемых задач / М. В. Давыдова, А. М. Михалёв // Вестник Курганского государственного университета. 2008. – № 3 (13).

22. **Верников Г. Г.** Стандарты моделирования IDEF и ABC [Электронний 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. **Волков В. П.** Особенности формирования жизненного цикла на основе CALS-технологии / В. П. Волков, И. В. Грицук, В. Н. Павленко, Н. В. Володарец // Вестник ХНАДУ. – 2016. – №75.

26. **Андреев Е. Б.** SCADA-системы: взгляд изнутри / Е. Б. Андреев, Н. А. Куцевич, О. В. Синенко. – Москва : Изд-во РТСофт, 2004. – 176 с.

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

28. **Чорна Н. О.** Оцінка можливості застосування CALS-технологій до розв'язання задач розподіленого управління / 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 «Continious acquisition and life-cycle support») [Електронний ресурс] / Д. Гудков. – Режим доступу : 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 / 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. – Москва : 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. – Москва : 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 [Електронный ресурс]. – Режим доступа : www.cimdata.com/press/PR04-0331.htm.

35. **Стародубов В.** Роль и место PLM в линейке ERP, CRM и SCM [Електронний ресурс]. – Режим доступа : http://www.cio-world.ru/business-practice/review/35177/page2.html.

36. **Когаловский М. Р.** Перспективные технологии информационных систем : монография / М. Р. Когаловский ; науч. ред. М. И. Лугачев. – Москва : ДМК, 2003. – 284 с.

37. **Барановская Т. П.** Информационные системы и технологии в экономике : 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. – Москва : 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.: ил. – (Серия «Теория и практика менеджмента»).

40. **Goodfellow R**. Manufacturing Recource Planning. A Pocket Guide / Robin Goodfellow. – 1993.

41. **Гужва В. М.** Інформаційні системи і технології на підприємствах / В. М. Гужва – Київ : КНЕУ, 2001.

42. IDEF0 Integration definition for function modeling / Draft Federal Information Processing Standards Publication 183. – 1993, December 2.

43. Integrated computer – aided manufacturing (ICAM). Architecture part II. Voulme 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 / А. В. Дворников // Журнал «Авант Партнер». – № 22(79). – Август 2005.

47. **Репин В. В.** Процессный подход к управлению. Моделирование бизнес-процессов / В. В. Репин, В. Г. Елиферов. – Москва : Стандарты и качество, 2008. – 408 с.

48. **Калянов Г. Н.** Моделирование, анализ, реорганизация и автоматизация бизнес-процессов / Г. Н. Калянов. – Москва : Финансы и статистика, 2006. – 240 с.

49. **Colquhoun G. J.** A state of the art review of IDEF0 / G. J. Colquhoun, R. W. Baines and R. Crossley // 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 // lnternational Journal of Project Management. – Vol. 13, No. 3, – P. 177–185. – 1995.

52. **Mayer R J**. IDEF3 technical report – beta draft 1.1 / R. J. Mayer, C. P. Manzel and P. S. Mayer // 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) / R. J. Mayer – 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 / R. J. Mayer, 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. – Москва : Финансы и статистика, 1999. – 382 с.: ил.. – ISBN 5279019801.

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 / Дж. Бокс, Г.М. Дженкинс. – Москва : 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 / Т. А. Васильева, О. Н. Диденко; А. А. Епифанов. – 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 / Д. Э. Ханк, А. Дж. Райтс, Д. У. Уичерн. – Москва : Вильямс, 2003. – 656 с.

64. Техніко-економічні показники [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://uk.wikipedia.org/wiki/Техніко-економічні_показники.

65. **Atkinson A.** Management Accounting / A. Atkinson, R. S. Kaplan, M. Young // 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. – Київ : НДЕІ, 2009. – Вип. 3. – 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 с.

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 с.

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 / Р. Каплан, Д. Нортон. – Москва : Олимп-Бизнес, 2004. – 416 с.

71. **Kaplan R. S.** Measuring the strategic readiness of intangible assets / R. S. Kaplan, D. P. Norton // Harvard Business Review 82 (2), – 2004. – P. 52–63.

72. **Kaplan R. S.** The Balanced Scorecard: Translating Strategy into Action / R. S. Kaplan, D. P.Norton // Harvard Business School Press. – Boston, MA, 1996. – 329 с.

73. **Денисенко Ю. О.** Підвищення техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва шляхом удосконалення нормативної бази : дис. канд. техн. наук, 05.01.02 : захищена 25.05.2016 / Денисенко Юлія Олександрівна. – Одеса, 2016. – 214 с.

74. **Гоголин С. С.** Организация баз данных системы мониторинга технико-экономических показателей предприятий промышленности и

транспортного комплекса : автореферат дис... канд. техн. наук. / С. С. Гоголин. – Москва, 2008.

75. **Косматов Э. М.** Теория и методы управления технико-экономическими показателями энергетических систем и энергетического оборудования : дис... д-ра экон. наук спец. 08.00.05 / Э. М. Косматов. – Санкт-Петербург, 2005. – 379 с. : ил.

76. **Свиридова А. Ю.** Оперативное планирование технико-экономических показателей предприятий : дис... канд. экон. наук спец. 08.00.21 / А. Ю. Свиридова. – Ленинград, 1984.

77. **Атаева С. К.** Проектирование базы данных системы мониторинга технико-экономических показателей автотранспортных предприятий / С. К. Атаева, В. В. Борщ, Д. В. Зайцев, Д. Н. Чугунова // Автоматизация и управление в технических системах. – Красноярск : Научно-инновационный центр, 2013. – № 4.1 (6). – 143 с.: ил. 105–113.

78. **Воронкова А. Е.** Діагностика стану підприємства: теорія і практика : монографія / за заг. ред. проф. А. Е. Воронкової. – Харків : Інжек, 2006. – 448 с.

79. **Семенов А. Г.** Стратегічні методи підвищення ефективності виробництва на підприємствах : монографія / А. Г. Семенов. – Запоріжжя : ГУ «ЗІДМУ», 2006. – 376 с.

80. **Плотницька С. І.** Види техніко-економічних показників [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://lection.com.ua/managment/-remosfd/vidi-tehniko-ekonomichnih-pokaznikiv.

81. **Horváth P.** Balanced Scorecard umsetzen / Horváth P. und Partner. – Stuttgart : Schäffer-Poeschel Verlag, 2007. – 452. – ISBN 379102521X, 9783791025216.

82. **Клименко Г. П.** Основи раціональної експлуатації різального інструменту на важких верстатах : автореферат... д-ра. техн. наук. спец. 05.03.01 – Процеси механічної обробки, верстати та інструменти / Г. П. Клименко. – Київ : НТУУ «КПІ». – 2002. – 37 с.

83. ДСТУ ISO 9000-2007 Системи управління якістю. Основні положення та словник термінів (ISO 9000:2005, IDT). – [Чинний від 2008-01-01]. – Київ : Держспоживстандарт України, 2008. – 34 с. .

84. **Crosby Ph. B.** Quality bringt Gewink / Ph. B. Crosby. – Hamburg, 1986.

85. **Азгальдов Г. Г.** Что такое качество? / Г. Г. Азгальдов, А. В. Гличев , В. П. Панов – Москва : Экономика, 1968. – 135 с.

86. **Азгальдов Г. Г.** Теория и практика оценки качества товаров. Основы квалиметрии / Г. Г. Азгальдов. – Москва: Экономика, 1982. – 256 с.

87. **Степанов С. А.** Системы менеджмента качества / С. А. Степанов, А. Ю. Щербаков, В. В. Ященко. – СПб : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. – 64 с.

88. **Азгальдов Г. Г.** Оценка и аттестация качества в строительстве / Г. Г. Азгальдов, О. М. Сендерова. – Москва : Стройиздат, 1977.

89. **Альперин Л.** Самооценка организаций – инструмент их саморазвития / Л. Альперин // Стандарты и качество. – 2000. – № 1.

90. **Белобрагин В. Я.** Региональная экономика: проблемы качества / В. Я. Белобрагин. – Москва, 2001.

91. **Ивлев В. А.** Реорганизация деятельности предприятия: от структурной и процессной организации / В. А. Ивлев, Т. В. Попова. – Москва : Научтехлитиздат, 2000.

92. **Бузырев В. В.** Противозатратный механизм в строительстве / В. В. Бузырев. – Ленинград : Стройиздат, Ленинградское отделение, 1990.

93. **Chodynski A.** Modele w zarzadzanik strategicznym a ekologia / A. Chodynski // Zeszuty Naukowe BIT. – 1995. – № 4.

94. **Фейгенбаум А.** Контроль качества продукции / А. Фейгенбаум ; сокр. пер. с англ. – Москва : Экономика, 1986.

95. **Деминг В. Э.** Выход из кризиса / В. Э. Деминг. – Тверь, 1994.

96. **Watson G. H.** Feigenbaum's Enduring Influence // Quality Progress. – 2005. – Nov. – P. 52.

97. **Полховская Т. М.** Теория и практика перехода к менеджменту качества по стандартам ИСО 9000:2000 // Стандарты и качество. – 2004. – № 7. – С. 35–36.

98. **Полховская Т. М.** Роль документации під час создании эффективной системы менеджмента организации // Стандарты и качество. – 2004. – № 6. – С. 66.

99. **Бородкин Н. П.** Британский стандарт BS 6143:1992 «Экономика качества». Ч. 1. Модель затрат на процесс / перев. Н. П. Бородкина – НТК «Трек», 1997.

100. **Кокинс Г.** Учебник по методологии функционального учета затрат. Activity based costing / Г. Кокинс, А. Стратгон, Д. Хелблинг. – Москва : ВИПАнатех, 2000.

101. **Зорин Ю. В.** Системы качества и управление процессами / Ю. В. Зорин, В. Т. Ярыгин – Самара : СПИ, 1997. – 204 с.

102. Доповідь «Менеджмент бізнес-процессов на основе МС ИСО 9000:2000».

103. **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.

104. Затраты [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://ru.wikipedia.org/wiki/Затраты.

105. **Рахлин К. М.** Методология классификации затрат на качество / К. М. Рахлин, Л. Е. Скрипко // Стандарты и качество. – 1997. – № 3. – С. 49–52.

106. **Гиссин В. И.** Управление качеством продукции : учеб. пособие. / В. И. Гиссин – Ростов н/Д : Феникс, 2000.

107. **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.

108. **Янковский Н. А.** Совершенствование системы управления промышленным предприятием: проблемы и решения : монография / под ред. Н. А. Янковского ; Н. А. Янковский, А. В. Белоусов, В. Н. Веревкин и др. – Донецк : Норд-Пресс, ДонГУУ, 2006. – 393 с.

109. **Волкова В. А.** Экономико-статистическое исследование эффективности материальных затрат в промышленности : дис. ... канд. экон. наук : спец. 08.00.11 / В. А.Волкова. – Москва, 1986. – 183 с.

110. **Федюкин В. К.** Управление качеством производственных процессов / В. К. Федюкин. – СПб : Питер, 2004. – 208 с.: ил.

111. ДСТУ OHSAS 18001:2010 «Системи управління гігієною та безпекою праці. Вимоги». – Надано чинності 2015-12-21.

112. ДСТУ ISO 14001:2015 Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосовування. – На заміну ДСТУ 9001-2009; – надано чинності 2015-12-21. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016. – 37 с.

113. 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.

114. **Новицкий Н. И.** Организация производства на предприятиях : учебно-методическое пособие / Н. И. Новицкий. – Москва : Финансы и статистика, 2001. – 392 с.: ил. .

115. **Степанов С. А.** Системы менеджмента качества / С. А. Степанов, А. Ю. Щербаков, В. В. Ященко – СПб. : Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2003. – 64 с.

116. **Хазанова Л. Э.** Планирование работы производственной системы в условиях неопределенности // Конструкторско-технологическая информатика : труды конгресса. – Москва : МГТУ «Станкин», 1996. – С. 146–147.

117. **Садовенко А.** Сталий розвиток суспільства : навчальний посібник / Л. Масловська, В. Середа, Т. Тимочко. – 2-ге вид. – Київ, 2011. – 392 с.

118. **Dimitrakopoulos G.** Chapter 13 – ITS and sustainability / G. Dimitrakopoulos, L. Uden, I. Varlamis. – The Future of Intelligent Transport Systems. – Elsevier, 2020. – P. 145–156. URL : https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818281-9.00013-9.

119. **Понедельников В. В.** Инвестиционное обеспечение устойчивого развития аграрного производства : дис. … канд. экон. наук: 08.00.05 / В. В. Понедельников. – Москва : РГБ, 2006. – 210 с.

120. **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. – Москва : МГТУ, 2004. – 135 л.

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

122. **Царев В. В.** Оценка экономической эффективности инвестиций / В. В Царев. – СПб. : Питер, 2004. – 460 с.

123. **Taha, Hamdy A**. Operations Research: An Introduction / Hamdy A. Taha. – 10th Edition. – University of Arkansas, 2017.

124. **Саати Т.** Целочисленные методы оптимизации и связанные с ними экстремальные проблемы / Т. Саати ; под ред. Л. П. Якименко. – Москва : Мир, – 1973. – 300 с.

125. **Майника, Э.** Оптимизация на сетях и графах / Э. Майника. – Москва : Мир, 1981. – 324 с.

126. **Вагнер Г.** Оновы исследования операций / Г. Вагнер ; пер. с англ. Б. Т. Вавилова. – Москва : Мир, 1972. – Т. 1. – 337 с.

127. **Хан Г.** Статистические методы в инженерных задачах / Г. Хан, С. Шапиро. – Москва : Мир, 1969. – 198.

128. **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. – Москва : МГТУ, 2004. – 135 л.

129. **Томас Х. Кормен** Алгоритмы: построение и анализ = Introduction to Algorithms / Х. Кормен Томас, Чарльз И. Лейзерсон, Рональд Л. Ривест, Клиффорд Штайн. – 2-е изд. – Москва : Вильямс, 2006. – С. 1296. – ISBN 0-07-013151-1.

130. **Землянухина Л. Н.** Алгоритмы оптимизации на графах : учебное пособие / Л. Н. Землянухина. – Ростов-на-Дону, 2008. – 87 с.

131. **Abraham Ittai.** Highway Dimension, Shortest Paths, and Provably Efficient Algorithms / Ittai

Abraham; Amos Fiat; Andrew V. Goldberg; Renato F. Werneck ACM-SIAM Symposium on Discrete Algorithms. – 2010. – 782–793.

132. **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.

133. **Ladyzhensky Y**. Algorithm to define the shortest paths between all nodes in a graph after compressing of two nodes / Y. Ladyzhensky, Y. Popoff // Proceedings of Donetsk national technical university: Computing and automation. Vol. 107. – Donetsk, 2006. – P. 68–75.

134. **Заде Л.** Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. Заде ; пер с англ. Н. И. Ринго. – Москва : Мир, 1976. – 164 с.

135. **Ротштейн О. П.** Інтелектуальні технології ідентифікації: нечіткі множини, генетичні алгоритми, нейронні мережі / О. П. Ротштейн. – Вінниця : Універсум-Вінниця, 1999. – 320 с.

136. **Дынник О. Д.** Оценка удовлетворенности заинтересованных сторон. Часть 2. Разработка шкалы оценивания / О. Д. Дынник, В. А. Залога, А. В. Ивченко и др. // Журнал инженерных наук. – Сумы : Изд-во СумДУ, 2014. – № 2. – С. Е1–Е11.

137. **Пичкалев А. В.** Применение кривой желательности Харрингтона для сравнительного анализа автоматизированных систем контроля / А. В. Пичкалев // Вестник КГТУ. – Красноярск : КГТУ, 1997. – С. 128–132.

138. **Макеева А. В.** Основы нечеткой логики. Учебное пособие для вузов / А. В. Макеева. – Н. Новгород : ВГИПУ, 2009. – 58 с.

139. **Скрипко Л. Е.** Методология оценивания затрат на качество // Методы менеджмента качества, 2001. – № 1. – С. 3–5.

140. **Залога В. А.** Повышение качества интрументообеспечения на основе принципов современных информационных технологий / В. А. Залога, А. В. Ивченко, Ю. А. Погоржельская // Компрессорное и энергетическое машиностроение. – 2009. – № 2 (16). – С. 48–51.

141. **Залога В. О.** Класифікація витрат на якість процесів інструментозабезпечення машинобудівного підприємства / 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. **Дынник О. Д**. Оценка удовлетворенности заинтересованных сторон. Часть 2. Разработка шкалы оценивания / О. Д. Дынник, В. А. Залога, А. В. Ивченко, Ю. А. Денисенко, Н. В. Сущенко // Журнал инженерных наук. – Суми : СумДУ, 2014. – Том 2, № 2. – Е1–Е11.

143. **Залога В. О.** Нормалізація техніко-економічних показників інструментального виробництва на основі застосування теорії нечітких множин / В. О. Залога, Ю. О. Денисенко, О. В. Івченко, О. Д. Динник // Наукові нотатки : міжвузівський збірник. – Луцьк : ЛНТУ, 2015. – Вип. 48. – С. 78–85.

144. **Залога В. О.** Система техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва / В. О. Залога, Ю. О. Денисенко, О. В. Івченко // Резание и инструмент в технологических системах : междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 85. – 347 с. – С. 79–89.

145. **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 : Серія «Технічні науки». – Хмельницький : ХНУ, 2015. – № 6. – С. 77–81.

146. **Denysenko Y.** Implementation of CALS-Technologies in quality management of product life cycle processes / Y. Denysenko, O. Dynnyk, T. Yashyna, N. Malovana, V. Zaloga. // Advances in Design, Simulation and Manufacturing. DSMIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Cham: Springer, 2019. – Pp. 3–12. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-319-93587-4_1.

147. **Dynnyk O**. Information Support for the Quality Management System Assessment of Engineering Enterprises / O. Dynnyk, Y. Denysenko, V. Zaloga, O. Ivchenko, T. Yashyna. // In: Ivanov V. et al. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – Cham: Springer, 2019. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_7.

148. **Zaloga V.** Підвищення техніко-економічних показників інструментальної підготовки машинобудівного виробництва шляхом вдосконалення нормативної бази / V. Zaloga, Y. Denysenko. // New stages of development of modern science in Ukraine and EU countries: monograph. – 3rd ed. – Riga, Latvia : Baltija Publishing, 2019. – 348 p. – P. 116–142.

149. **Денисенко Ю. О.** Інструментальне виробництво як вирішальна складова машинобудівної галузі / Ю. О. Денисенко, В. О. Залога, О. О. Залога // Національна безпека України у викликах новітньої історії : монографія / авт.-уклад. В. І. Шпак ; кер. авт. кол. С. І. Табачніков. – Київ : Експрес-об'ява, 2020. – 464 с.

150. **Perron Oskar** Zur Theorie der Matrices / Oskar Perron // Mathematische Annalen – T. 64 (2). – 1907. – P. 248–263.

151. **Frobenius Georg** Ueber Matrizen aus nicht negativen Elementen / Georg Frobenius // Sitzungsber. Königl. Preuss. – Akad. Wiss, 1912. – P. 456–477 .

152. **Чорна М. В.** Оцінка ефективності інноваційної діяльності підприємств : монографія / М. В. Чорна, С. В. Глухова. – Харків : ХДУХТ, 2012. – 210 с.

153. **Ковзель М. О.** Соціально-економічна ефективність експорту транспортних послуг України : [монографія] / М. О. Ковзель. – Київ : Книжкове видавництво НАУ, 2008. – 308 с.

154. **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.

155. **Рац О. М.** Визначення сутності поняття «ефективність функціонування підприємства» / О. М. Рац // Економічний простір. – 2008. – № 15. – С. 275–286.

156. **Туревский И. С.** Экономика отрасли (автомобильный транспорт) : учебник / И. С. Туревский. – Москва : Форум: ИНФРА-М, 2008. – 287 с.

157. **Ахромкін Є. М.** Методична база оцінки ефективності впровадження ресурсозберігаючих технологій / Є. М. Ахромкін // Ефективна економіка. – 2011. – № 1. – Режим доступу : http://www.economy.nayka.com.ua/?n=1&y=2011.

158. Методичні рекомендації з формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості : наказ Міністерства промислової політики України від 09.07.2007. – № 373.

159. **Залога В. О.** Рекомендації щодо вибору методів прогнозування якості перебігу процесів інструментальної підготовки виробництва / В. О. Залога, О. В. Івченко, Ю. О. Погоржельська, В. М. Хярм // Сучасні технології в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Вип. 7 – Харків : НТУ «ХПІ», 2012. – 342 с. – С. 208–216.

160. **Залога В. А** Методы прогнозирования как инструментарий повышения качества инструментообеспечения машиностроительного предприятия / В. А. Залога, А. В. Ивченко, Ю. А. Погоржельская // Машинобудування України очима молодих : збірник праць VIII Всеукраїнської молодіжної науково-технічної конференції в м. Луцьк, 29–31 жовтня 2008 р. – Луцьк : ЛНТУ, 2008. – С. 22–23.

161. **Залога В. А.** Разработка инструментария выбора оптимального метода прогнозирования показателей качества процессов инструментальной подготовки машиностроительного производства / В. А. Залога, А. В. Ивченко, Ю. А. Погоржельская // Качество, стандартизация, контроль: теория и практика : материалы 9-й Международной научно-практической конференции, 21–25 сентября 2009 г., г. Ялта. – Киев : АТМ Украины, 2009. – 228 с. – С. 60–63.

162. **Залога В.О.** Впровадження інформаційної системи управління якістю інструментальної підготовки виробництва / В. О. Залога, О. В. Івченко, Ю. О. Погоржельська // Сучасні технології в машинобудуванні : зб. наук. праць. – Вип. 8 – Харків : НТУ «ХПІ», 2013. – 301 с. – С. 228–235.

163. **Залога В. О.** Система техніко-економічних показників інструментальної підготовки виробництва / В. О. Залога, Ю. О. Денисенко, О. В. Івченко // Резание и инструмент в технологических системах : междунар. науч.-техн. сб. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2015. – № 85. – 347 с. – С. 79–89.

ДОДАТОК А
КЛАСИФІКАЦІЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Таблиця А.1 – Система ТЕП на тактичному рівні

ТЕП за видами діяльності	ТЕП за результуючим оптимальним значенням		
	Відносні, перебувають в інтервалі 0–1 (оптимальне значення 1)	**Які мають оптимальне абсолютне значення**	**Визначаються згідно з логічними судженнями експертів**
1	**2**	**3**	**4**
Організаційно-економічні	– капіталовіддача; – матеріаловіддача; – показник використання робочого часу виробничих робітників	– капіталомісткість; – матеріаломісткість; – обсяг виготовлених інструментів і ТО; – енергоємність інструментів і ТО; – собівартість інструментів і ТО; – середньомісячна заробітна плата робітників ІС ІПВ; – продуктивність праці	–
Виробничі	– використання обладнання; – використання виробничих площ; – диференціація ІВ; – безперервність ІВ; – повторюваність ІВ; – паралельність ІВ; – прямоточність ІВ; – універсалізація ІВ; – гнучкість ІВ; – автоматизація ІВ; – рівень дефективності інструментів і ТО	– прогресивність структури обладнання; – використання площ складу ІРК; – спеціалізація ІВ; – пропорційність ІВ; – механізація інструментального виробництва; – коефіцієнт використання виробничої потужності; – коефіцієнт дублювання функцій	–
Якості	– витрати на якість процесів ІС ІПВ; – коефіцієнт стандартизації ІПВ; – показник уніфікації ІВ; – показник прогресивності ТП ІВ; – технологічний коефіцієнт точності ТП; – рівень стандартизації інструментів і ТО; – рівень нормативного забезпечення	–	– показник якості технічної документації за ІС ІПВ; – рівень якості інструментів і ТО
Соціальні	– показник зайнятості персоналу; – показник рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпекою; – рівень потенційної небезпеки технологічних процесів виготовлення інструментів і ТО для навколишнього середовища	– показник функціонального розподілу праці ІТР та службовців системи ІПВ	– рівень інструктажу персоналу; – рівень нормативної документації у сфері охорони праці; – показник наявності використання засобів індивідуального захисту; – рівень потенційної небезпеки; – рівень планування і контролю заходів

Продовження таблиці А.2

Екологічні	– частка скорочення обсягів викидів від загального обсягу; – зменшення щільності викидів в атмосферне повітря щодо 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 (за кожним процесом)

Таблиця А.2 – Система ТЕП на оперативному рівні

ТЕП за видами діяльності	**ТЕП за результуючим оптимальним значенням**		
	Відносні, перебувають в інтервалі 0–1 (оптимальне значення 1)	**Які мають оптимальне абсолютне значення**	**Визначаються згідно з логічними судженнями експертів**
Організаційно-економічні	Показники: – що характеризує питому вагу виробничих робітників системи ІПВ у загальній кількості працівників; – рівня організації ремонту та забезпечення запасними частинами; – що враховує питому вагу інструментальної продукції в загальному обсязі виробництва; – стану організації прокату; – рівня витрат інструментів і ТО; – рівня використання системи централізованого заточення інструменту	– показник, що враховує питому вагу інструментальної продукції в загальному обсязі виробництва; – показник організації робіт із збору та відновлення інструментів і ТО; – показник централізованої доставки вантажів ІВ; – показник технічного рівня інструментальної підготовки оперативних (змінних) завдань	–
Виробничі	– коефіцієнт використання інструментів і ТО; – коефіцієнт інтенсивного навантаження устаткування; – питома вага інструментів і ТО, що відповідає світовим стандартам	–	–
Якості	– витрати на якість процесів ІС ІПВ; – показник відновлення інструментів і ТО; – коефіцієнт стандартизації ІПВ; – рівень стандартизації інструментів і ТО	–	– рівень якості інструментів і ТО

Продовження таблиці А.2

1	2	3	4
Соціальні	– показник функціонального розподілу праці ІТР і службовців системи ІПВ; – рівень нормативної документації у сфері охорони праці; – рівень інструктажу персоналу; – показник зайнятості персоналу	– показник рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпекою	– показник наявності використання засобів індивідуального захисту
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 щодо певної території	– рівень змісту та оформлення доказової документації екологічної безпеки процесів; – рівень потенційної небезпеки технологічних процесів виготовлення інструментів і ТО для навколишнього середовища; – рівень планування і контролю заходів; – рівень виконання вимог до захисту навколишнього середовища (за кожним процесом)

У таблицях А.1 та А.2:

Організаційно-економічні ТЕП

1. Капіталовіддача – показник, який характеризує ефективність використання основного капіталу (засобів праці). Він розраховується як відношення вартості виробленої продукції до вартості основного капіталу.

2. Капіталомісткість – зворотний показник капіталовіддачі, який фіксує вартість витрат основного капіталу на одиницю виробленої продукції.

3. Матеріаловіддача характеризує ефективність використання предметів праці, тобто показує, скільки вироблено продукції з витрачених матеріальних ресурсів (сировини, матеріалів, палива тощо). Розраховується як відношення вартості виробленої продукції до вартості витрачених матеріальних ресурсів.

4. Матеріаломісткість продукції визначається за загальною потребою матеріалів на одиницю продукції, тобто

$$M = \sum_{i=0}^{k} m_i,$$

де m_i – матеріаломісткість i-ї складової продукції;

h – кількість складових.

5. Енергоємність характеризує витрати енергетичних ресурсів на одиницю виробленої продукції.

6. Обсяг виготовленого інструменту/ТО.

7. Собівартість інструменту/ТО.

8. Середньомісячна заробітна плата.

9. Продуктивність праці. Розраховується як відношення виготовленого інструменту/ТО до кількості промислово-виробничого персоналу. Якщо спостерігається зростання показника, то це пов'язано, або із зростанням товарної продукції (чисельник), або зі зниженням кількості (знаменник).

10. Коефіцієнт використання робочого часу

$$k_\delta = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{m} t_m}{\sum_{i=1}^{m} T_{CM}},$$

де m – число функцій керування,

t_m – втрати робочого часу за рік через несвоєчасне виконання відповідних управлінських функцій, год,

T_{CM} – річний фонд часу у відповідних підрозділах, год.

11. Показник, що характеризує питому вагу виробничих робітників системи ІПВ у загальній кількості працівників.

12. Показник, що враховує питому вагу інструментальної продукції в загальному обсязі виробництва.

13. Показник рівня організації ремонту та забезпечення запасними частинами.

14. Показник організації робіт із збору та відновлення технологічного оснащення

$$k_{\text{зб}} = 0{,}5 \cdot \frac{\text{В}_{\text{п}}}{\text{В}_{\text{з}}} + 0{,}5 \cdot \frac{\text{В}_{\text{в}}}{\text{В}_{\text{п}}},$$

де $B_п$ – кількість відпрацьованого технологічного оснащення, яке надійшло на приймально-сортирувальний пункт за період, що аналізується, шт. чи грн;

$B_з$ – загальна кількість одиниць інструменту/ТО, що придбана та виготовлена в період, що аналізується, шт. або грн;

$B_в$ – кількість одиниць інструменту/ТО, що було відновлено в періоді, який аналізується.

15. Показник централізованої доставки вантажів інструментального виробництва

$$k_{\text{цб}} = \frac{\text{М}_{\text{ч}}}{100\text{М}_{\text{зо}}},$$

де $M_ц$ – кількість вантажів, які відправлені споживачам транспортом загального користування, кг;

$M_{зо}$ – загальний обсяг вантажообігу з видавання інструменту/ТО з ІРК, кг.

16. Показник стану організації прокату інструменту/ТО

$$k_{\text{цб}} = 0{,}7\frac{\text{В}_{\text{п.у}}}{\text{В}_{\text{о.м}}} + 0{,}3\frac{\text{В}_{\text{п.м}}}{\text{В}_{\text{о.м}}},$$

де $B_{п.у.}$ – кількість компоновок універсального збірного оснащення, яке використовувалося в період, що аналізується;

$B_{о.п}$ – кількість одиниць ТО (без інструментів), що передбачені технологічним процесом виробництва;

$B_{о.м}$ та $B_{п.м}$ – кількість одиниць інструменту/ТО малої застосовуваності, відповідно, передбачених технологічним процесом і повторно використовуваних у виробництві за період, що аналізується.

17. Показник рівня витрати інструменту і ТО

$$k_{\text{вит}} = \frac{\text{В}_{\text{н}}}{\text{В}_{\text{в}}},$$

де $B_н$ та $B_в$ – кількість одиниць інструменту/ТО, відповідно, нормативна та витрачена в період, що аналізується.

18. Показник рівня використання системи централізованого заточення інструменту

$$k_{\text{цз}} = \frac{\text{В}_{\text{в}}}{\text{В}_{\text{ц.з}}},$$

де $B_в$ – кількість одиниць інструменту/ТО, яке витрачено в період, що аналізується (в розрахунку показника враховується тільки кількість різального інструменту);

$B_{ц.з}$ – кількість одиниць різального інструменту, який пройшов централізовану заточку в періоді, що аналізується.

19. Показник технічного рівня інструментальної підготовки оперативних (змінних) завдань

$$k_{\text{т.р}} = \frac{\text{В}_{\text{к.м}}}{\text{В}_{\text{о.з}}},$$

де $B_{к.м}$ – загальна кількість комплексних інструментальних марок, що надійшли в систему ІПВ від робітників, які отримали інструмент/ТО за період, що аналізується;

$B_{о.з}$ – кількість позицій оперативних виробничих завдань у періоді, що аналізується.

Виробничі ТЕП

1. Питома вага інструменту/ТО, що відповідає світовим стандартам, – співвідношення інструменту та ТО, що відповідає світовим стандартам до загальної кількості інструменту та ТО на підприємстві.

2. Питомий обсяг бракованого інструменту/ТО – співвідношення бракованого інструменту/ТО до загальної кількості інструменту/ТО на підприємстві.

3. Показник прогресивності структури обладнання

$$k_{\text{псо}} = \frac{N_n}{N_o \cdot H_{\text{ПО}}},$$

де $N_п$ – кількість одиниць прогресивного обладнання, до якого належать верстати для профільного та координатного шліфування, електрофізичного та хімічного оброблення, верстати з ЧПК, координатно-розточні та копіювально-фрезерні верстати, машини для зварювання тертям, гідравлічні преси для холодного витискання металу тощо, шт.;

$N_о$ – кількість одиниць всього обладнання в інструментальному виробництві, шт.;

$H_{ПО}$ – нормативне значення коефіцієнта, який показує питому вагу прогресивного обладнання в його загальному парку, цей коефіцієнт можна взяти $H_{ПО}$ = 0,2.

4. Показник використання обладнання – відношення кількості обладнання, задіяного в процесі, до загальної кількості обладнання.

5. Показник використання виробничих площ

$$k_{\text{вп}} = \frac{\sum_{i=0}^{n} F_i \cdot N_i}{F_{\text{ф}}},$$

де F_i – нормативна площа, яка припадає на одиницю i-го типу обладнання, м²;

N_i – кількість обладнання i-го типу, шт.;

$F_{ф}$ – фактична виробнича площа інструментального виробництва.

6. Показник використання площ складу інструментально-роздавальної комори (ІРК)

$$k_{\text{ІРК}} = 100\frac{F_{\text{кор}}}{F_{\text{заг}}},$$

де $F_{кор}$ – корисна площа, м² (складається із загальної площі складу, площі приймання вантажів; площі проходів і проїздів, конструктивної та допоміжної площі);

$F_{заг}$ – загальна площа, м², розраховується за формулою

$$F_{\text{заг}} = \frac{z}{\alpha \cdot \rho_p},$$

де z – максимальна норма зберігання, т;

α – коефіцієнт використання загальної площі ІРК;

$\rho_р$ – середнє розрахункове корисне навантаження на 1 м² площі ІРК, т/м² (за даними галузевих нормативів).

7. Показник диференціації ІВ

$$k_{\text{диф}} = \frac{\Delta t}{T},$$

де Δt – можлива мінімальна трудомісткість елементу виробничої операції;

Т – сумарна трудомісткість ІС ІПВ.

8. Показник спеціалізації ІВ – визначається за формулою

$$k_{\text{сп}} = \frac{1}{K_{\text{з.о}}},$$

де $К_{з.о.}$ – коефіцієнт закріплення операцій, який визначається відношенням кількості операцій, закріплених за виробничою дільницею на плановий період (m) до кількості робочих місць на цій дільниці ($С$), тобто

$$k_{\text{сп}} = \frac{m}{C} \text{ при } m \geq C.$$

9. Показник повторюваності

$$k_{\text{сп}} = 1 - \frac{m-c}{m} \text{ при } m \geq C.$$

10. Показник безперервності ІВ визначається за формулою

$$k_{\text{без}} = \frac{T_{\text{роб}}}{T_{\text{заг}}},$$

де $T_{роб}$ – тривалість робочого часу;

$T_{заг}$ – загальна тривалість виробничого процесу, зокрема простої.

11. Показник паралельності ІВ визначається за формулою

$$k_{\text{пар}} = \frac{T_{\text{пар}}}{T_{\text{заг}}},$$

де $T_{рпар}$ – тривалість робіт, виконуваних паралельно;

$T_{заг}$ – загальна тривалість виробничого процесу, зокрема простої.

12. Показник пропорційності ІВ обчислюють за формулою

$$k_{\text{пр}} = \frac{M_{min}}{M_{max}},$$

де M_{min} – мінімальна пропускна спроможність структурних підрозділів;

M_{max} – максимальна пропускна спроможність структурних підрозділів.

13. Показник прямоточності ІВ визначається за формулою

$$k_{\text{прям}} = \frac{T_{\text{опт}}}{T_{\text{факт}}},$$

де $T_{опт}$ – оптимальна тривалість інтервалу між окремими етапами виробничого процесу;

$T_{факт}$ – фактична тривалість інтервалу між окремими етапами виробничого процесу.

14. Показник універсалізації ІВ

$$k_{\text{ув}} = 1 - \frac{m_{\text{о}} - m_{\text{ув}}}{m_o},$$

де $m_{\text{о}}$ и $m_{\text{ув}}$ – відповідно загальна кількість операцій в інструментальному виробництві та кількість універсально виконуваних операцій.

15. Показник гнучкості ІВ розраховується за формулою

$$k_{\text{гн}} = 1 - \frac{B_{\text{н}}}{F_e},$$

де $B_н$ – середній час налаштування та переналаштування технологічної системи;

$F_е$ – ефективний фонд часу її роботи.

16. Показник автоматизації інструментального виробництва розраховується за формулою

$$k_{\text{авт}} = \frac{B_{\text{авт}}}{B_{\text{заг}}},$$

де $B_{авт}$ – кількість верстатів автоматичної дії;

$B_{заг}$ – загальна кількість верстатів.

17. Показник механізації інструментального виробництва

$$k_{\text{мех}} = \frac{B_{\text{мех}}}{B_{\text{заг}}},$$

де $B_{мех}$ – кількість верстатів механічної дії;

$B_{заг}$ – загальна кількість верстатів.

18. Показник використання технічного оснащення

$$k_{\text{ТО}} = \frac{T_{\text{ф}}}{T_{\text{р}}},$$

де $T_ф$ – сумарний фактичний час використання технічних засобів управління в рік, ч,

$T_р$ – сумарний розрахунковий час використання технічних засобів управління в рік, ч.

19. Коефіцієнт використання виробничої потужності можна визначити за однією з таких формул:

$$N_i = a_i T_p m,$$

або

$$N_i = \frac{T_p m}{t_i},$$

де N – потужність i-го виробничого підрозділу підприємства;

a_i – продуктивність устаткування у відповідних одиницях виміру i-ї продукції за годину;

$T_р$ – річний фонд часу роботи устаткування;

m – середньорічна кількість фізичних одиниць устаткування;

t_i – трудомісткість виготовлення одиниці продукції (перероблення сировини, час надання послуги в годинах).

20. Коефіцієнт інтенсивного навантаження устаткування – це відношення кількості виготовлених виробів за одиницю часу до технічної (паспортної) продуктивності відповідного устаткування.

21. Коефіцієнт дублювання функцій

$$k_{\text{дуб}} = \frac{K_{\text{д}}}{K_{\text{з}}},$$

де $K_д$ – кількість функцій, що дублюються підрозділами;

$K_з$ – загальна кількість функцій.

ТЕП якості

1. Показник якості технічної документації за ІС ІПВ – показник, який враховує функціональність, структурованість, зміст і корисність документації.

2. Показник уніфікації ІВ – відношення кількості запозичених, покупних і стандартизованих складових (деталей, вузлів) до загальної кількості компонентів, з яких складається інструмент/ТО.

3. Показник прогресивності ТП ІВ – відношення обсягу інструменту/ТО, що отримується з використанням прогресивних технологічних процесів і засобів праці, до загального обсягу інструменту/ТО.

4. Показник відновлення ТО – частка відновленого інструменту/ТО в загальній кількості інструменту/ТО на підприємстві.

5. Рівень стандартизації інструменту/ТО – частка стандартного інструменту/ТО в загальній кількості інструменту/ТО на підприємстві.

6. Рівень нормативного забезпечення,

$$k_{\text{упр}} = \frac{\Phi_{\text{р}}}{\Phi_{\text{з}}},$$

де $Ф_р$ – кількість функцій, забезпечених регламентною документацією,

$Ф_з$ – загальна кількість функцій.

Або

$$k_{\text{н}} = \frac{\text{Ч}_{\text{в}}}{\text{Ч}_{\text{з}}},$$

де $Ч_в$ – час, витрачений на виконання нормованих робіт у рік, год;

$Ч_з$ – загальний час робіт у рік, год.

Соціальні ТЕП

1. Показник функціонального розподілу праці робітників.

2. Показник функціонального розподілу праці ІТР і службовців системи ІПВ.

3. Рівень нормативної документації у сфері охорони праці – частка нормативних документів

у сфері охорони праці в загальній кількості нормативних документів підприємства.

4. Рівень інструктажу персоналу – частка працівників, що пройшли інструктаж із техніки безпеки в загальній кількості працівників підприємства.

5. Показник наявності використання засобів індивідуального захисту – частка працівників, що забезпечені засобами індивідуального захисту, в загальній кількості працівників підприємства, що мають бути забезпечені засобами індивідуального захисту.

6. Показник рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпекою – частка працівників, що працюють із підвищеною небезпекою, в загальній кількості працівників підприємства;

7. Коефіцієнт зайнятості персоналу

$$k_{\text{р}} = \frac{K_{mn}}{K_{\text{з}}},$$

де K_{mn} – кількість робочих місць, що відповідають вимогам типових проєктів,

$K_з$ – загальна кількість робочих місць.

Екологічні ТЕП

1. Рівень потенційної небезпеки технологічних процесів інструменту/ТО для навколишнього середовища.

2. Рівень планування і контролю заходів – частка заходів, що відбулися в загальній кількості запланованих заходів з охорони навколишнього середовища.

3. Рівень змісту та оформлення доказової документації екологічної безпеки процесів.

4. Питомий показник утворення відходів – обсяг відходів конкретного виду, який утворюється під час виробництва одиниці продукції, перероблення одиниці сировини, надання одиниці послуги тощо. Для твердих побутових відходів, що утворюються на території цього району, питомим показником утворення є обсяг відходів, який утворюється на одну людину (інструмент), що проживає в цьому районі, працює на підприємстві, в установі, організації цього району.

$$k_{\text{відх}} = \frac{O_{\text{д}}}{O_{\text{н}}},$$

де $O_д$ – обсяг відходів;

$O_н$ – нормативний обсяг відходів.

5. Частка скорочення обсягів викидів від загального обсягу.

6. Зменшення щільності викидів в атмосферне повітря щодо певної території.

7. Зменшення кількості днів, у які забруднення атмосферного повітря перевищувало граничну припустиму концентрацію.

8. Рівень відповідності НД вимогам стандартів навколишнього середовища – частка НД, що відповідає вимогам стандартів навколишнього середовища в загальній кількості НД підприємства.

9. Рівень виконання вимог до захисту навколишнього середовища (за кожним процесом).

ДОДАТОК Б
ШКАЛИ ОЦІНЮВАННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Відносні ТЕП, що перебувають в інтервалі 0–1 (оптимальне значення 1)

Таблиця Б.1 – Шкала оцінювання коефіцієнта використання робочого часу

Значення ТЕП	Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
$0 \le u \le 0,25$	Дуже погано	5
$0,25 < u \le 0,47$	Погано	4
$0,47 < u \le 0,78$	Задовільно	3
$0,78 < u \le 0,95$	Добре	2
$0,95 < u \le 1$	Дуже добре	1

Таблиця Б.2 – Шкала оцінювання показника використання обладнання

Значення ТЕП	Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
$0 \le u \le 0,4$	Дуже погано	5
$0,4 < u \le 0,54$	Погано	4
$0,54 < u \le 0,75$	Задовільно	3
$0,75 < u \le 0,98$	Добре	2
$0,98 < u \le 1$	Дуже добре	1

Таблиця Б.3 – Шкала оцінювання рівня нормативного забезпечення

Значення ТЕП	Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
$0 \le u \le 0,31$	Дуже погано	5
$0,31 < u \le 0,44$	Погано	4
$0,44 < u \le 0,68$	Задовільно	3
$0,68 < u \le 0,83$	Добре	2
$0,83 < u \le 1$	Дуже добре	1

Таблиця Б.4 – Шкала оцінювання рівня нормативної документації у сфері охорони праці та рівня інструктажу персоналу

Значення ТЕП	Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
$0 \le u \le 0,32$	Дуже погано	5
$0,32 < u \le 0,55$	Погано	4
$0,55 < u \le 0,75$	Задовільно	3
$0,75 < u \le 0,91$	Добре	2
$0,91 < u \le 1$	Дуже добре	1

Таблиця Б.5 – Шкала оцінювання показника рівня атестації персоналу, що працює з підвищеною небезпечністю

Значення ТЕП	Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
$0 \le u \le 0,42$	Дуже погано	5
$0,42 < u \le 0,65$	Погано	4
$0,65 < u \le 0,87$	Задовільно	3
$0,87 < u \le 0,98$	Добре	2
$0,98 < u \le 1$	Дуже добре	1

ТЕП, які мають оптимальне абсолютне значення

Таблиця Б.6 – Шкала оцінювання коефіцієнта використання виробничої потужності

Значення ТЕП, шт.	Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
$0 \le u \le 5700$	Дуже погано	5
$5700 < u \le 8613$	Погано	4
$8613 < u \le 12\,605$	Задовільно	3
$12\,605 < u \le 14\,990$	Добре	2
$14\,990 < u \le 15\,400$	Дуже добре	1

ТЕП, що визначаються згідно з логічними судженнями експертів

Таблиця Б.7 – Шкала оцінювання рівня змісту та оформлення доказової документації екологічної безпеки процесів і рівня виконання вимог до захисту навколишнього середовища

Значення лінгвістичної змінної «ТЕП»	Бал
Дуже погано	5
Погано	4
Задовільно	3
Добре	2
Дуже добре	1

Наукове видання

Денисенко Юлія Олександрівна,
Залога Вільям Олександрович,
Івченко Олександр Володимирович

УДОСКОНАЛЕННЯ НОРМАТИВНОЇ БАЗИ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА ЩОДО ПОЛІПШЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Монографія

Художнє оформлення обкладинки Ю. О. Денисенко
Редактор І. О. Кругляк
Комп'ютерне верстання Ю. О. Денисенко

Формат 60×84/8. Ум. друк. арк. 11,16. Обл.-вид. арк. 14,76. Тираж 300 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет,
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.