

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій  
(повна назва)

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки  
(повна назва)

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА Пояснювальна записка

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)  
Розроблення автоматичного керування роботизованим  
виробництвом на основі автоматизованих технологічних документів  
(тема)

Виконав:  
здобувач 4 року навчання,  
групи АКТСІ-21-3  
Фам Ле В'єт Ань  
(власне ім'я, прізвище)

Спеціальність 151 Автоматизація та  
комп'ютерно-інтегровані технології  
(код і повна назва спеціальності)  
Тип програми освітньо-професійна  
Освітня програма Системна інженерія  
(повна назва освітньої програми)

Керівник проф. Ірина СЕЗОНОВА  
(посада, власне ім'я, прізвище)

Допускається до захисту

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

Ігор Невлюдов  
(власне ім'я, прізвище)

2025 р.

Я, Фам Ле В'єт Ань, як здобувач вищої освіти ХНУРЕ, розумію і підтримую політику закладу із академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував недозволену допомогу під час підготовки кваліфікаційної роботи. Я не використовував штучний інтелект для підготовки кваліфікаційної роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

" 5 " червня 2025 р.

A handwritten signature in black ink, consisting of a stylized circle with the word 'Fам' written inside in a cursive script.

Фам Ле В'єт Ань

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Автоматики і комп'ютеризованих технологій

Кафедра Комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
(код і повна назва)

Тип програми освітньо - професійна

Освітня програма Системна інженерія  
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис)

« 19 » травня \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

здобувачеві Фам Ле В'єт Ань  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення автоматичного керування роботизованим виробництвом з використанням технологічних документів

затверджена наказом університету від 19.05.2025 р. № 391 Ст \_\_\_\_\_

2. Термін подання здобувачем роботи до екзаменаційної комісії 10.06.2025р.

3. Вихідні дані до роботи Модель технологічної карти у вигляді інтерактивного електронного документа. Програмна реалізація модуля введення даних для створення технологічної карти

4.1 Вступ

4.2 Аналіз предметної області

4.3 Розроблення моделі технологічної карти у вигляді електронного документа інтелектуальним модулем

4.4 Вибір та обґрунтування програмних засобів для розробки програмного продукту

4.6 Програмна реалізація підсистеми введення даних. Керівництво користувача.

4.7 Висновки

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (п.5 включається до завдання за рішенням випускової кафедри) Графічний матеріал у вигляді презентації (19 с.)

6. Консультанти розділів роботи (п.6 включається до завдання за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1 )

Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів роботи	Строк / терміни виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технічного завдання	28.04 – 04.05.2025	виконано
2	Опрацювання літератури за темою	05.05 – 10.05.2025	виконано
3	Розроблення моделі технологічної карти	11.05 – 17.05.2025	виконано
4	Вибір та обґрунтування програмного забезпечення	18.05 – 20.05.2025	виконано
5	Розроблення програмного продукту	21.05 – 25.05.2025	виконано
6	Тестування та опис програмного продукту	26.05 – 31.05.2025	виконано
7	Висновки та перелік джерел посилань	01.06 – 03.06.2025	виконано
8	Оформлення пояснювальної записки	09.06 – 11.06.2025	виконано
9	Подання роботи на перевірку Інтернет-сервісом StrikePlagiarism	12.06.2025	виконано
10	Подання роботи на рецензію	16.06.2025	виконано
11	Подання роботи на підпис зав.кафедри	18.06-23.06.2025	виконано
12	Подання кваліфікаційної роботи в ЕК	23.06.2025	виконано

Дата видачі завдання 28.04.2025 р.

Здобувач Фам  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

Фам Ле В'єт Ань

(власне ім'я, прізвище)

професор Сезонова І.К.

(посада, власне ім'я, прізвище)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 58 с., 3 табл., 17 рис., 3 дод., 22 джерела.

**ВИРОБНИЧЕ ПІДПРИЄМСТВО, АВТОМАТИЗОВАНЕ УПРАВЛІННЯ,  
ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА, ЕЛЕКТРОННИЙ ДОКУМЕНТ, РОБОТИЗОВАНЕ  
ВИРОБНИЦТВО.**

Технологічні документи використовують у всіх виробничих сферах, зокрема, у роботизованих виробництвах. Вони містять інформацію щодо складових (та кроків) виробничого процесу для виробництва кожного виробу, в них створюється конкретний алгоритм дій для працівників з метою отримання якісних продуктів відповідно до необхідних характеристик.

Зміст технологічної карти допомагає визначити конкретну процедуру проведення необхідних операцій з метою виконання певних завдань. Документ є інформативним насамперед для персоналу, який знає, як працювати з максимальною ефективністю та без помилок. Але перехід від звичної форми технологічних документів (іноді ще паперовій) до інтерактивного електронного документа є важливою сходинкою щодо автоматизації управління роботизованим виробництвом.

Мета кваліфікаційної роботи – розроблення автоматизованої підсистеми створення технологічних карт як елемента керування роботизованим виробництвом.

Об'єкт розробки – процес формування моделі технологічної карти для автоматизованої системи управління виробництвом.

Предмет розробки – програмний продукт для створення технологічної карти промислового виробу у вигляді інтерактивного електронного документа.

В роботі розроблено структуру інтерактивної електронної технологічної карти та програмний інструмент щодо її створення.

## ABSTRACT

Explanatory note: 53 p., 3 tabl., 17 fig., 3 adj., 22 sources.

MANUFACTURING ENTERPRISE, AUTOMATED CONTROL, FLOW CHART, ELECTRONIC DOCUMENT, ROBOTIC PRODUCTION.

Technological documents are used in all production areas, including robotic production. They contain information on the components (and steps) of the production process for each product, and they create a specific algorithm of actions for employees to obtain quality products in accordance with the required characteristics.

The content of a flowchart helps to define a specific procedure for performing the necessary operations to accomplish certain tasks. The document is primarily informative for staff who know how to work with maximum efficiency and without errors. However, the transition from the usual form of technological documents (sometimes still paper) to an interactive electronic document is an important step towards automating the management of robotic production.

The purpose of the qualification work is to develop an automated subsystem for creating flowcharts as an element of robotic production control.

The object of development is a flow chart model for an automated production process control system.

The subject of development is a software product for creating a technological map of an industrial product in the form of an interactive electronic document.

The paper develops a structural interactive electronic flowchart and a software tool for its creation.

## ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень .....	8
Вступ .....	9
1 Аналіз предметної області .....	11
1.1 Особливості управління роботизованим виробництвом.....	11
1.2 Автоматичне керування роботизованим виробництвом .....	14
1.3 Основні завдання та функції технологічної карти.....	18
1.4 Постановка завдання на розробку автоматизованої технологічної карти..	19
2 Розробка автоматизованої технологічної карти.....	21
2.1 Структура технологічної карти для виробництва.....	21
2.2 Розробка шаблону автоматизованої технологічної карти.....	23
2.3 Інтерфейс проекту ТЕХНОКАРТА.....	28
3 Розробка проекту ТЕХНОКАРТА.....	33
3.1 Модель технологічної карти для виробництва.....	33
3.2 Розробка ТК для виготовлення токарних різців.....	34
3.3 Охорона праці.....	42
Висновки.....	45
Перелік джерел посилань .....	47
Додаток А Код програми.....	49
Додаток Б Апробація роботи.....	53
Додаток В Демонстраційний матеріал.....	57

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

- АРМ – автоматизоване робоче місце;
- БД – база даних;
- ІП – інформаційний процес;
- ІС – інформаційна система;
- ІС ІТС – інформаційна система ІТС (інформаційно-технічний супровід);
- ІТ – інформаційна технологія;
- ПЗ – програмне забезпечення;
- ПК – персональний комп'ютер;
- СУБД – система управління базами даних;
- ТК – технологічна карта;
- ТМЦ – товарно-матеріальні цінності;
- ЧПК – числове програмне керування;
- CALS (Continuous Acquisition and Life cycle Support) – безперервна інформаційна підтримка поставок та життєвого циклу продукції;
- CRP (Capacity Requirements Planning) – планування виробничих ресурсів (потужностей);
- CRP (Capital Resource Planning) – система планування виробничих потужностей;
- EDI (Electronic Data Interchange) – це процес передачі структурованої цифрової інформації;
- ERP (Economic Requirements Planning) – інтегроване планування бізнесресурсів підприємства;
- MES (Manufacturing Execution System) – виробнича виконавча система, реалізує оперативне планування та диспетчеризацію виробництва;
- PDM (Product Data Management) – управління даними про вироби;
- WPF (Windows Presentation Foundation) – модуль Windows для створення клієнських додатків.

## ВСТУП

Сучасні підприємства інтенсивно впроваджують і використовують інформаційні системи (ІС) виробничого призначення. Впровадження автоматизованого управління роботизованим виробництвом має на меті збільшити економічну ефективність логістичних процесів, удосконалити технології та впровадити елементи штучного інтелекту в управління виробництвом.

Розробка технологічних документів (ТД) є важливим елементом системи управління виробничими процесами в різних галузях промисловості. Основним документом, який містить опис технологічного процесу є технологічна карта.

Технологічні карти (ТК) використовуються в різних виробничих сферах, зокрема, у роботизованих виробництвах. Інформація з ТК щодо керування складовими виробничого процесу для кожного виробу допомагає створити конкретний алгоритм та процедуру для працівників з метою отримання якісних продуктів відповідно до необхідних характеристик.

Зміст технологічної карти допомагає визначити конкретну процедуру проведення необхідних операцій з метою виконання певних завдань. Документ є інформативним насамперед для персоналу, який знає, як працювати з максимальною ефективністю та без помилок. Але перехід від звичної форми ТК (іноді ще паперовій) до інтерактивного електронного документа є важливою сходинкою щодо автоматизації управління роботизованим виробництвом.

Мета кваліфікаційної роботи – розроблення автоматизованої підсистеми створення технологічних карт як елемента керування роботизованим виробництвом.

Об'єкт розробки – процес формування моделі технологічної карти для автоматизованої системи управління виробництвом.

Предмет розробки – програмний продукт для створення технологічної карти промислового виробу у вигляді інтерактивного електронного документа.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих систем управління роботизованим виробництвом;
- провести аналіз змісту технологічних карт та інструментів автоматизації щодо їх створення;
- розробити структурну інтерактивної електронної технологічної карти;
- здійснити вибір програмного інструментарію;
- оформити кваліфікаційну роботу згідно ДСТУ 3008:2015 [1], а також з методичними вказівками з підготовки й оформлення кваліфікаційної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» [2].

Також отримані результати відповідають переліку Цілей сталого розвитку, зокрема Цілі 9 «Промисловість, інновації та інфраструктура» (п. 9.1 та 9.4).

# 1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

## 1.1 Особливості управління роботизованим виробництвом

Роботизація виробництва є складовою частиною комплексної автоматизації і представляє собою процес упровадження робототехнічних осередків, ізольованих або об'єднаних у роботизовані дільниці та лінії. Роботизація виробництва дає незаперечну перевагу в підвищенні продуктивності виробництва, збільшенні кількості продукції, що випускається за одиницю часу, поліпшенні її якості та скороченні собівартості. Сучасні промислові роботи можуть гнучко і в короткий час переходити з однієї технологічної операції на іншу шляхом заміни керуючої програми. Завдяки цьому вони можуть використовуватися для виробництва невеликих партій продукції, що необхідно малим і середнім підприємствам. Сьогодні більше половини промислової продукції виробляють малі та середні підприємства. Однак на сьогодні процес роботизації виробництва стикається з однією об'єктивною перешкодою. Це брак довгих дешевих позикових коштів, які були б доступні малим і середнім компаніям.

Переваги впровадження роботів на виробництві це:

- збільшення продуктивності. Роботи швидше і точніше позиціонують, переміщують і обробляють деталі. Крім того, роботизовані виробництва можуть працювати цілодобово з однаково високою продуктивністю;

- збільшення прибутковості виробництва. Впровадження промислових роботів призводить до скорочення кількості зайнятого на виробництві персоналу, скорочення фонду оплати праці та його величини в кінцевій вартості продукції. Це справедливо навіть за умови того, що під час розгортання систем промислових роботів у штаті з'являються кваліфіковані інженери з налагодження та обслуговування робототехнічних комплектів, сукупна оплата їхньої праці нижча, ніж оплата співробітників, що вивільнилися;

– підвищення якості продукції, що випускається. Роботизація виробництва однозначно призводить до підвищення якості продукції, що випускається. Сучасні промислові роботи такі як, наприклад, роботи FANUC (рис. 1.1) мають дуже високу точність позиціонування до 0,05 мм, при цьому така точність позиціонування зберігається незалежно від кількості циклів роботи;



Рисунок 1.1 – Промисловий робот Fanuc M-710iC/50 [3]

– безпека персоналу. Впровадження систем промислових роботів підвищує безпеку виробництва завдяки тому, що роботи замінюють людей на небезпечних і шкідливих ділянках. Роботи ефективно замінюють людей на зварювальних, фарбувальних, ливарних, ковальських, фрезерних ділянках. У всіх роботизованих осередках промислові роботи огорожуються, у разі проходження людей за огорожу спрацьовують датчики і зупиняють роботу роботи;

– економія робочого простору. Як показує практика, при впровадженні промислових роботів відбувається значна економія робочого простору завдяки невеликим габаритам сучасних роботів, а також можливості кріплення роботів зверху над обслуговуваною зоною;

– мінімум обслуговування. Сучасні промислові роботи оснащуються

асинхронними двигунами і високоякісними редукторами, що дає змогу звести їхнє обслуговування до мінімуму, а якщо говорити конкретно, то час між плановим обслуговуванням сучасних роботів становить кілька тисяч годин [3].

Роботизація промислового виробництва може починатися з впровадження в процес роботів-маніпуляторів: промислових і колаборативних.

Автоматизувати можна такі операції, які на багатьох підприємствах поки що виконують люди:

- зварювальні роботи;
- подача матеріалів на складальну лінію;
- переміщення компонентів майбутнього виробу на конвеєрі;
- сортування та пакування готової продукції;
- контроль якості виробів;
- обслуговування верстатів з ЧПУ;
- укладання виробів на палети, переміщення на склад, навантаження на транспорт;
- фарбування поверхонь;
- різання матеріалів і шліфування виробів.

Роботизація виробництва може успішно застосовуватися на кількох етапах:

– маніпуляції. На автоматичного помічника покладається функція переміщення матеріалів, заготовок і деталей, їхнє розвантаження і навантаження. Роботи відмінно справляються з простими повторюваними операціями, звільняючи людей від необхідності переносити важкі речі та виконувати монотонні дії;

– обробка. На цьому виробничому етапі роботи використовуються для вирішення конкретних завдань: зварювання деталей, різання матеріалів, випробування виробів на міцність, контроль якості;

– збірка. Поетапне з'єднання компонентів у вузли, агрегати і готові вироби – складний процес, що вимагає участі людини. Однак роботи здатні якісно і

швидко виконувати одноманітні дії, і людям залишається тільки спостерігати за правильністю виконуваних операцій. Складальні лінії на багатьох підприємствах оснащені роботами, завдяки чому процес складання протікає без затримок і з мінімумом помилок.

Автоматизація та роботизація сучасного виробництва – перспективний напрямок розвитку промисловості, що дасть змогу домогтися високої якості продукції за одночасного зниження витрат.

Щоб перейти до випуску нових виробів, потрібно всього лише змінити програму. Гнучкість переналаштування автоматичних «співробітників» допомагає економити час на підприємствах, де половина продукції виготовляється невеликими партіями.

Якщо для потреб виробництва необхідні малі та середні обсяги тих чи інших деталей, їх безпосередній випуск займає близько 5 % часу. Переважна частина робочих годин йде на переналагодження верстата, заміну інструментів, завантаження комплектуючих тощо. Автоматизована лінія дає змогу перерозподілити робочий час на користь отримання готових виробів за рахунок скорочення підготовчих етапів.

Одним із основних підготовчих етапів, які передують випуску нових виробів є створення технологічних карт. Зміст технологічної карти допомагає визначити конкретну процедуру проведення необхідних операцій з метою виконання певних завдань. Документ є інформативним насамперед для персоналу, який знає, як працювати з максимальною ефективністю та без помилок. Але перехід від звичної форми ТК (іноді ще паперовій) до інтерактивного електронного документа є важливою сходинкою щодо автоматизації управління роботизованим виробництвом.

## 1.2 Автоматичне керування роботизованим виробництвом

Сучасні виробничі підприємства дедалі активніше переходять до використання інтелектуальних автоматизованих систем керування, що є ключовим

елементом цифрової трансформації в промисловості. Одним із напрямів цієї трансформації є роботизоване виробництво, яке функціонує на основі поєднання п'яти груп інноваційних технологій:

- інтелектуальні вимірювальні пристрої – включають smart-лічильники, сенсори, а також smart-датчики, що забезпечують точне зчитування параметрів виробничих процесів у режимі реального часу;

- вдосконалені системи автоматизованого управління – розподілені обчислювальні платформи та аналітичні інструменти, які забезпечують інтерактивне керування компонентами виробництва. Ці системи реалізують адаптивні алгоритми, що оптимізують режими роботи роботизованих модулів на основі поточних даних;

- сучасні електротехнічні компоненти – включають силову електроніку, перетворювачі, енергетичні накопичувачі, елементи гнучких систем передачі енергії (FACTS), що забезпечують надійне функціонування електромереж усередині виробничого середовища;

- інтегровані системи підтримки прийняття рішень (СППР) – це інтелектуальні платформи, які обробляють виробничу інформацію, прогнозують параметри технологічних процесів і забезпечують прийняття рішень в автоматизованому режимі;

- інтегровані комунікації – забезпечують взаємодію між всіма вищенаведеними елементами через єдину цифрову інфраструктуру. Це дозволяє реалізувати концепцію Industry 4.0 у виробництві.

Функціональні можливості інтелектуального модуля керування.

Інтелектуальний модуль керування роботизованим виробництвом є ядром автоматизованої системи. Його основні функції включають:

- управління виробничими модулями відповідно до заданих сценаріїв роботи;

- диспетчеризацію даних з усіх сенсорних точок, а також дистанційне керування роботизованими елементами;

- оптимізацію виробничих режимів на основі аналізу вхідних та вихідних даних, а також прогнозних моделей (наприклад, залежно від завантаження, замовлень, енергоспоживання тощо);

- прогнозне керування енергоспоживанням – з урахуванням погодних умов, вартості електроенергії та внутрішніх енергетичних джерел (сонячні панелі, акумулятори);

- механізми керування навантаженням – автоматичне відключення/перемикання енергоємних процесів у періоди пікового споживання або за командою оператора.

Цей підхід дозволяє значно підвищити ефективність, гнучкість та надійність роботизованого виробництва, а також знизити експлуатаційні витрати.

Значення інтегрованих систем у керуванні роботизованими підприємствами  
Інтеграція СППР у роботизоване виробництво дозволяє:

- забезпечити адаптивне керування виробничими процесами в режимі реального часу;

- реалізувати інтелектуальне планування завантаження обладнання;

- здійснювати енергоефективне балансування ресурсів;

- підвищити безпеку та надійність систем;

- скоротити час прийняття рішень за рахунок автоматизації обробки великого обсягу даних.

Таким чином, автоматичне керування роботизованим виробництвом на основі інтелектуальних технологій є важливим кроком до впровадження цифрового виробництва нового покоління, що відповідає викликам сучасної економіки та тенденціям сталого розвитку.

На рисунку 1.2 зображена узагальнена модель взаємодії ERP- та MES-систем, основним елементом яких є ТК. Модуль ТК входить як складова частина автоматизованої системи управління підприємством на всіх рівнях.

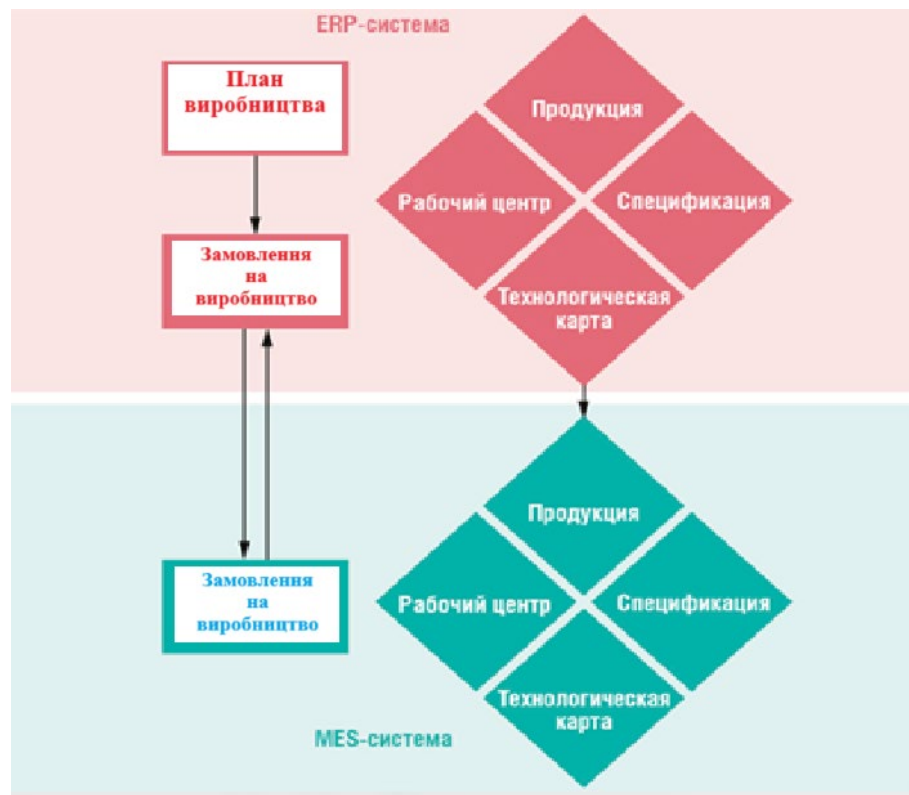


Рисунок 1.2 – Модель взаємодії ERP- та MES-систем

Місце технологічної карти в автоматизованій системі керування роботизованим виробництвом узагальнено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Взаємодія технологічної карти з іншими модулями керування виробництвом

Підсистема	Використання технологічної карти
MES-система	Планування виробництва, контроль виконання операцій
SCADA / HMI	Передача команд на основі карти, відображення статусу
Smart DSS	Прийняття рішень щодо перенесення, корекції або оптимізації
PLC/робототехніка	Програмування послідовності дій виконавчих механізмів
ERP-система	Формування виробничих завдань, облік витрат

Технологічна карта є цифровим “двигуном” автоматизованої системи: вона забезпечує логіку, послідовність і параметри виконання операцій, слугує джерелом даних для прийняття рішень, адаптації планів і оптимізації виробничих процесів. У контексті роботизованого виробництва вона перетворюється з простої інструкції на інтерактивний динамічний об’єкт, інтегрований у цифрову екосистему підприємства.

Виконання завдання кваліфікаційної роботи полягає в розробці інформаційної моделі технологічної карти для виробництва. Технологічні карти представляють собою програмний продукт (модуль), який вбудований в ERP–систему підприємства.

### 1.3 Основні завдання та функції технологічної карти

Технологічною картою (ТК) є офіційно затверджений документ, що регламентує етапи виконання виробничих завдань, послідовність операцій і контроль за їх виконанням. Вона є основним нормативним інструментом для встановлення стандартів якості та безпеки, що особливо важливо для виробничих процесів, які підлягають суворому контролю і перевірці на відповідність нормам. Технологічна карта враховує держстандарти, відомчі та галузеві норми, а також внутрішні правила підприємства, допомагаючи встановити порядок дій і нормативи для всіх учасників виробничого процесу.

Застосування технологічної карти необхідне для досягнення точності та безпеки виконання виробничих процесів. Цей документ створюється для стандартизації робочих процесів, скорочення ймовірності відхилень від встановлених вимог і контролю витрат на реалізацію проектів.

ТК також:

- полегшує організацію підготовки співробітників;
- задає чіткі рамки для використання технічних ресурсів і обладнання;
- допомагає налагодити контроль якості на всіх стадіях виробництва.

Такий документ слугує основою для проектування етапів, дає змогу

прогнозувати витрати і забезпечує єдиний підхід до виконання завдань.

ТК – це багаторівневий документ, який включає кілька важливих елементів. Основні розділи, як правило, містять обґрунтування необхідності застосування цієї технологічної карти, опис цільового призначення карти, перелік операцій, а також вимоги до дотримання технічних умов. У карту обов'язково вносяться відомості про організацію і технологію виконання робіт, причому кожен із цих напрямків ділиться на послідовні етапи, від підготовки до виконання, а також завершальної частини робіт.

Розроблення ТК доручається інженерам, технологам або профільним фахівцям підприємства, які відповідають за організацію виробничих процесів та їхню безпеку. У великих компаніях цю роботу можуть виконувати окремі підрозділи, що займаються проектною документацією, або сторонні експерти, якщо це відповідає запитам і вимогам підприємства.

Технологічні карти знаходять широке застосування в різних галузях, де потрібні надійні механізми регламентації виробничих операцій і контролю якості.

Наприклад, ТК затребувані в таких галузях, як розробка алгоритмів для виробничих ліній.

Після складання ТК проводиться узгодження з профільними відділами, до яких можуть входити служби охорони праці та стандартизації. Остаточне затвердження документа, як правило, здійснюється керівником підприємства або уповноваженою на це особою.

Після затвердження ТК стає обов'язковим для виконання документом, термін дії якого регулюється внутрішніми розпорядженнями підприємства. У процесі експлуатації карти її зміст може переглядатись, доповнюватись або уточнюватись залежно від змін технологічного процесу або умов проведення робіт.

Карта містить вимоги до якості на кожному етапі процесу, встановлює контрольні точки і містить посилання на нормативні документи, що стосуються правил безпеки, стандартів якості та охорони праці. Окремим пунктом розглядаються потреби в ресурсах, які можуть включати перелік використовуваного обладнання, матеріалів та інструментів.

#### 1.4 Постановка завдання на розробку автоматизованої технологічної карти

Автоматизована ТК універсальна, розширювана і легко підтримується. Розробляти і супроводжувати опис процесів у такому вигляді набагато легше, ніж у будь-яких інших процесних моделях. Крім того, табличний опис простіший для людини, більш природній і краще структурований, ніж, наприклад, функціональна модель.

Враховуючи те що, метою кваліфікаційної роботи є розробка автоматизованої ТК для роботизованого виробництва, для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- провести аналіз змісту технологічних карт та інструментів автоматизації щодо їх створення;
- розробити структурну інтерактивної електронної технологічної карти;
- здійснити вибір програмного інструментарію;
- розробити структуру окремих модулів (карток) та створити програмний продукт;
- обрати етап виробничого процесу харківського підприємства «Новий стиль» для апробації програмного продукту.

## 2 РОЗРОБКА АВТОМАТИЗОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ

### 2.1 Структура технологічної карти для виробництва

Основними документами, за якими можна здійснювати виробництво, керувати ним і аналізувати його результати є операційні та технологічні карти.

Операційні карти розробляють для робітників і операторів, технологічну карту – для спеціалістів-технологів, інженерно-технічного персоналу, економістів, до обов'язків яких належать питання налагодження, організації та управління виробництвом.

В операційній карті (табл. 2.1) визначають вимоги до виконання операцій; дають перелік обладнання та енергетичних засобів, наводять режими їх роботи при виконанні операцій, вказують найраціональнішу послідовність всіх підготовчих, основних та заключних дій, а також порядок роботи операторів; наводять схему розміщення предмету праці і засобів автоматизації (роботів) під час виконання операцій; встановлюють норми часу на виконання операцій; вказують потребу в робітниках для виконання операцій та їхню кваліфікацію.

Таблиця 2.1 – Приклад операційної карти технологічного процесу

Операція	Обсяг роботи		Технічні засоби		Технологічний режим	Норма часу	Розцінка за годину	Примітка
	Одиниці	Кількість	Марка	Кількість				

На відміну від операційних, технологічна карта об'єднує весь комплекс операцій після їх оптимізації. Вона містить дані про кратність повторення операцій протягом доби, виробничого циклу (залежно від характеру операцій, обсягу робіт, загальну потребу обладнання, споживаних енергоресурсів, добові та річні затрати праці).

За технологічною картою можна визначити всю операційну структуру та обсяг виробництва, систему машин та обладнання, кількісний та якісний склад робітників і операторів, структуру та загальну суму експлуатаційних витрат.

ТК з організації виробництва – це технічний регламент, тобто задокументований опис техпроцесів у тому порядку, як вони повинні йти під час виробництва. Тут вказуються параметри, режим, методи і види контролю. У ньому описані засоби оснащення, які необхідні для роботи.

Наведемо приклад, які категорії (розділи) необхідно прописати в ТК, щоб вона була складена вірно.

Технологічна карта включає (рис. 2.1): вхідні дані виробу та вимоги до комплектуючих; виробничу схему та її технологічну частину (процес), яка містить послідовність операцій і обсяг виконуваних робіт; логістичну частину - зберігання, доставка всередині підприємства та систему контролю.

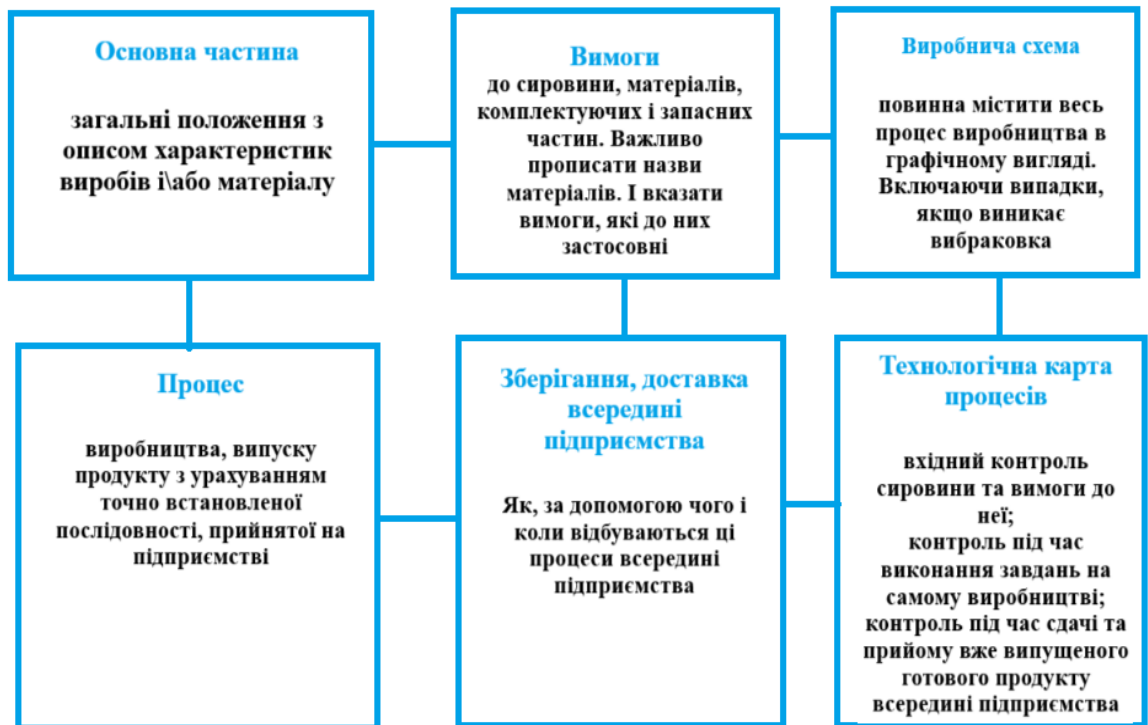


Рисунок 2.1 – Структура виробничої ТК

Важливо зазначити, що для будь-якого виду контролю необхідно вказати такі деталі технологічної карти виробництва, як:

- що є об'єктом для контролю;
- які параметри і де здійснюється перевірка;
- з якою періодичністю проходить контроль;
- методика, згідно з якою проводиться контролювання;
- повний опис приладів, якими проводиться перевірка;
- хто проводить контроль, який відділ або служба, посада співробітника;
- назва файлу, журналу чи іншого документа, в якому описуються результати випробувань.

Ці категорії ТК необхідно розписувати згідно з вимогами безпеки праці. Крім згаданих вище критеріїв до ТК можуть входити:

- карта нормування (технічно-нормувальна);
- дані про обладнання на підприємстві;
- техінструкції для співробітників (технологічна інструкція для кожної людини за посадами).

## 2.2 Розробка шаблону автоматизованої технологічної карти

ТК – це таблиця, до якої за рядками записано окремі виробничі етапи та декомпозиційні кроки, а за стовпчиками – опис того, що відбувається на кожному етапі або кроці. Основний акцент варто зробити на ресурсах, що забезпечують кожен етап, і розмежуванні зон відповідальності.

ТК – це своєрідний класифікатор. Вона відображає великі технологічні етапи виробництва продуктів. За її допомогою буде можливо взаємодіяти з різними підсистемами ERP–системи підприємства. Також буде легко зрозуміти, які трудовитрати і ресурси (людські та «залізні») для цього будуть потрібні.

ТК – це узагальнена картина виробничого процесу, де відображені чітко класифіковані блоки з типовою функціональністю. Найголовніше: карта дає змогу побачити весь процес цілком, великими шматками з можливістю їх деталізації.



- вказуються вхідні ресурси і сервіси, що використовуються на кожному етапі;
- зазначаються результати кожного етапу та окремого кроку;
- вказується зона відповідальності за кожним етапом і кроком;
- визначаються технічні ресурси, людино-години, необхідні для підтримки робіт на цьому етапі, як на поточний момент – факт, так і в майбутньому – план;
- у комірках карти для кожного продукту вказується, які технологічні етапи або кроки для нього реалізовано, планується впровадити, які є неактуальними або не реалізованими.

Шаблон опису виробничого етапу або кроку.

Щоб не ускладнювати технологічну карту, докладніший опис кожного етапу або кроку виробничого конвеєра можна винести в окремі стандартизовані картки.

Шаблон стандартизованої картки для кожного етапу виробничого процесу описує дрібні, але відокремлені операції виробничого конвеєра (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Шаблон картки для окремого етапу або кроку виробничого процесу

<b>Елемент технологічного конвеєра</b>	<b>Опис характеристики</b>
Назва або ключ:	Будь-який стандартизований опис
Тип (етап або крок):	–/етап/крок
Вид роботи:	Короткий опис видів робіт, які виконуються на етапі або кроці
Короткий опис:	Короткий опис подій, які відбуваються на даному етапі або кроці
Детальний опис:	Деталізований опис етапу або кроку технологічного конвеєра
Вхідні ресурси:	Якими ресурсами забезпечений даний етап або крок? Що потрібно на вході для можливості його повної реалізації?
Результати:	Що отримуємо після виконання робіт на даному етапі або кроці?
Зона відповідальності та контакти:	Контакти відповідальних за реалізацію даного етапу або кроку
Посилання на стандарти:	Посилання на інструкції або описи, по яким потрібно реалізувати відповідний етап або крок

На рисунку 2.4 зображено приклад операційної технологічної карти для верстату з ЧПУ.

Пере хід	Операція	Різець	Гвинтовий упор	Виліт гвинтового упора відносно гвинта 2, мм
1	Підрізати торець	Прохідний відігнутий 1	1	$48 - 0 = 48$
2	Проточити на діаметр 32 мм, витримавши довжину 48 мм	Той самий	2	0
3	Проточити на діаметр 26 мм і підрізати уступ, витримавши довжину 34 мм	Прохідний упорний 2	3	$48 - 34 = 14$
4	Проточити канавку радіусом 1,5 мм, завширшки 3 мм, витримавши довжину 16 мм	Канавковий 3, радіус якого 1,5 мм	4	$48 - 16 = 32$
5	Проточити канавку завширшки 2,5 мм на діаметр 29 мм, витримавши довжину 43 мм	Канавковий 4	5	$48 - 43 = 5$
6	Зняти фаску $2 \times 45^\circ$	Прохідний відігнутий 1	6	$48 - 2 = 46$

Рисунок 2.4 – Приклад операційної технологічної карти для верстату ЧПК

#### Шаблон автоматизованої технологічної карти

Табличку для ТК можна створити в будь-якому зручному інструменті. Наприклад, на рис. 2.2 представлена карта, яку згенеровано у вигляді веб-сторінки (HTML + JS + CSS).

Не виключається створення технологічної карти в Excel як більш відомому і зрозумілому інструменту (рис. 2.5).

13 [Production]	14 Этапы и шаги производственного процесса, виды работ / активности	Наличие корп. стандарта	Актуальное и целевое состояние продуктового конвейера																							
			Продукт 1		Продукт 2		Продукт 3		Продукт 4		Продукт 5		Продукт 6		Продукт 7		Продукт 8		Продукт 9		Продукт 10		Продукт 11		Продукт 12	
			Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч	Факт	Чел.ч
15 [SourceCodeControl] / Development	Управление версиями исходного кода	+	+	-	+	!	+	+	+	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	-	-	-	+	-	-	
21 [Prepare] / Development	Подготовка сборочного окружения	+																								
22 [PrepareLinuxDocker]	Сборка Linux docker-контейнера	+	!	800	+	+	⊗	+	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
23 [PrepareWindowsDocker]	Сборка Windows docker-контейнера	+	!	300	-	-	⊗	-	п	300	-	п	100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24 [Build] / Development	Сборка инсталляторов или их компонент	+																								
25 [PullSourceCode]	Скачивание исходного кода на сборочный сервер	+	+	+	+	!	+	+	+	+	+	-	+	+	⊗	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
26 [PackageNameConvention]	Установление единых правил наименования пакетов. Проверка на соответствие	?	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
27 [PrepareDep]	Скачивание дополнительных зависимостей	+	+	+	⊗	+	+	+	?	+	-	+	-	⊗	+	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
28 [BuildScenario]	Выполнение сборочного сценария	+	+	+	+	!	п	100	+	+	-	!	!	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
29 [UnitTest]	Модульное unit-тестирование	+	+	+	?	+	?	?	+	?	-	+	!	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
30 [CodeCoverage]	Анализ покрытия исходного кода юнит-тестами	+	+	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	⊗	
31 [StaticAnalyze]	Анализ кода статическими анализаторами и сканерами ИБ	п	п	240	?	!	40	?	п/О1	200	п/О2	80	п/О1	80	?	?	?	?	?	?	?	п	40	?	?	
32 [PushToSnapshot]	Публикация артефакта в Snapshot-репозиторий для тестирования	+	+	+	+	⊗	+	+	+	+	-	+	-	⊗	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
33 [PushToSnapshotDockerRegistry]	Публикация docker-образа в docker-registry Snapshot-репозиторий	!	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
34 [PushDeployList]	Публикация списка использованных зависимостей 3-rd party	!	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
35 [MarkArtifactsPropertiesWithDeps]	Добавление зависимостей в свойства к выгружаемым артефактам сборки	!	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Рисунок 2.5 – Видяг автоматизованої ТК, створеної в Excel

Зробивши аналіз ТК, можливо:

- зрозуміти, яких етапів немає в реальному продукті або проєкті, і оцінити необхідність їх впровадження;
- розмежувати зони відповідальності між кількома відділами, якщо вони працюють над різними етапами;
- домовитися про контракти на входах і виходах етапів;
- інтегрувати свій етап робіт у загальний процес розробки;
- точніше оцінити потребу в ресурсах, що забезпечують кожен з етапів.

Тобто, ТК може слугувати підґрунтям для автоматизації прийняття рішень щодо удосконалення етапів та кроків виробничого процесу. Також інтерактивні елементи, посилання на інші ресурси можуть виконувати управлінські функції по відношенню до обладнання роботизованого виробництва.

### 2.3 Інтерфейс проекту ТЕХНОКАРТА

Загальний функціонал проекту, який отримав назву ТЕХНОКАРТА, наступний:

- введення даних з файлу(бази даних);
- виконання простих розрахунків;
- генерація звіту в Excel файл.

Для роботи програми повинна використовуватися операційна система Windows, так як ця система використовується на підприємстві. Додаток повинен наскільки можливо скоротити участь технологу у розробці ТК. Для цього воно має самостійно проводити обчислення, створювати креслення, виводити інформацію у відформатованому вигляді.

Слід, щоб додаток було легко розширюваним, для забезпечення можливості збільшення числа деталей при потребі. Для підтвердження здатності до розширення, воно має бути апробовано для, як мінімум, двох типів деталей.

В якості інструменту створення інтерфейсу було обрано Windows Presentation Foundation (WPF). WPF – модуль Windows для створення клієнтських додатків Windows, з візуально привабливими можливостями взаємодії з користувачем, з графічною (презентаційною) підсистемою у складі NET Framework, що використовує мову XAML.

Характеристики WPF:

- WPF являє собою високорівневий об'єктно-орієнтований функціональний шар (framework), що дозволяє створювати 2D і 3D-інтерфейси;
- зараз його можна назвати альтернативним варіантом Adobe Flash і Java-апплетам, використовуваним в Web-розробці стосовно до Windows Forms.
- WPF встановлена у Windows Vista і Windows 7;
- за допомогою WPF можна створювати широкий спектр як автономних додатків, так і запускати їх у браузері.

Елементи управління є основою будь-якого графічного інтерфейсу. WPF пропонує вже знайомі по Windows Forms елементи управління

(Button, CheckBox і т.д.), так і абсолютно нові (Expander, Page і т. д.). В даному розділі ви знайдете також опис досить поширеного елемента Ribbon, що не входить до складу .NET Framework.

Структура програми складається з трьох основних розділів. Введення даних здійснюється програмою з текстового файлу, який містить інформацію про вироби (матеріал, розміри тощо). В разі введення нових даних про виріб, інформація про який відсутня в архіві, використовується діалоговий інтерфейс проекту. Розрахунковий розділ здійснює прості розрахунки (час різання, сварки тощо). Звіт генерується в файлі .xlsx.

До проекту підключаються заголовні файли:

```
using System;
using System.IO;
using System.Linq;
using DocumentFormat.OpenXml.Packaging;
using DocumentFormat.OpenXml.Spreadsheet;

class Program
{
    static void Main()
    {
        Console.OutputEncoding = System.Text.Encoding.UTF8;
        Console.InputEncoding = System.Text.Encoding.Unicode;
        Console.ForegroundColor = ConsoleColor.Red;
        Console.WriteLine("УВАГА! Для повного заповнення колонки \"Опис характеристики\" "
            + "необхідно пройти та записати всі значення!\n");
        Console.ResetColor();

        string solutionDir = GetSolutionDirectory();
        string filePath = Path.Combine(solutionDir, "ТЕХНОКАРТА.xlsx");

        if (!File.Exists(filePath))
        {
            Console.WriteLine($"Файл не знайдено: {filePath}");
            return;
        }

        using (SpreadsheetDocument document = SpreadsheetDocument.Open(filePath, true)) //
            true для записи
        {
            WorkbookPart workbookPart = document.WorkbookPart;

            // шукаємо лист з назвою "TK1"
            Sheet sheet = workbookPart.Workbook.Sheets.OfType<Sheet>().FirstOrDefault(s =>
                s.Name == "TK1");

            if (sheet == null)
            {
                Console.WriteLine("Аркуш 'TK1' не знайдено.");
                return;
            }

            WorksheetPart worksheetPart =
                (WorksheetPart)workbookPart.GetPartById(sheet.Id);
            SheetData sheetData = worksheetPart.Worksheet.GetFirstChild<SheetData>();

            foreach (Row row in sheetData.Elements<Row>())
```

```

    {
        if (row.RowIndex < 2) continue; // пропускаем первый рядок

        Cell cellA = GetOrCreateCell(row, "A");
        string valueA = GetCellValue(cellA, workbookPart);

        Console.WriteLine($"Рядок {row.RowIndex}: {valueA}");

        string input;
        do
        {
            Console.WriteLine("Введіть значення (обов'язково): ");
            input = Console.ReadLine();
        }
        while (string.IsNullOrEmpty(input));

        Cell cellB = GetOrCreateCell(row, "B");
        SetCellValue(cellB, input);

        Console.WriteLine("Записано!\n");
    }

    worksheetPart.Worksheet.Save();
    Console.WriteLine("Файл успішно оновлено!");
}

static Cell GetOrCreateCell(Row row, string columnName)
{
    string cellRef = columnName + row.RowIndex;
    Cell cell = row.Elements<Cell>().FirstOrDefault(c => c.CellReference == cellRef);

    if (cell == null)
    {
        cell = new Cell() { CellReference = cellRef };
        row.Append(cell);
    }

    return cell;
}

static void SetCellValue(Cell cell, string value)
{
    cell.CellValue = new CellValue(value);
    cell.DataType = CellValues.String;
}

static string GetCellValue(Cell cell, WorkbookPart workbookPart)
{
    string value = cell.InnerText;

    if (cell.DataType == null)
        return value;

    if (cell.DataType == CellValues.SharedString)
    {
        var stringTable = workbookPart.SharedStringTablePart.SharedStringTable;
        return stringTable.ElementAt(int.Parse(value)).InnerText;
    }

    return value;
}

static string GetSolutionDirectory()
{
    string dir = AppDomain.CurrentDomain.BaseDirectory;
    while (!string.IsNullOrEmpty(dir))
    {
        if (Directory.GetFiles(dir, "*.sln").Length > 0)

```

```

        return dir;
    }
    dir = Directory.GetParent(dir)?.FullName;
}
throw new Exception("Рішення не знайдено.");
}
}

```

Програма на C# призначена для збирання та збереження структурованої інформації про елемент технологічного процесу. Користувач вводить необхідні текстові дані вручну через консоль, після чого програма записує ці дані у файл формату `xlsx`, придатний для подальшого використання у табличних редакторах (наприклад, Microsoft Excel або Google Sheets).

Програма забезпечує введення наступних полів:

- “Назва або ключ”;
- “Тип (етап або крок)”;
- “Вид роботи”;
- “Короткий опис”;
- “Детальний опис”;
- “Вхідні ресурси”;
- “Результати”;
- “Зона відповідальності та контакти”;
- “Посилання на стандарти”.

Форматований запис введених даних у файл аайл `ТЕХНОКАРТА.xlsx` здійснюється у вигляді таблиці з двома колонками: назва параметра та відповідне значення.

Приклад вводу даних відображено на рис. 2.6.

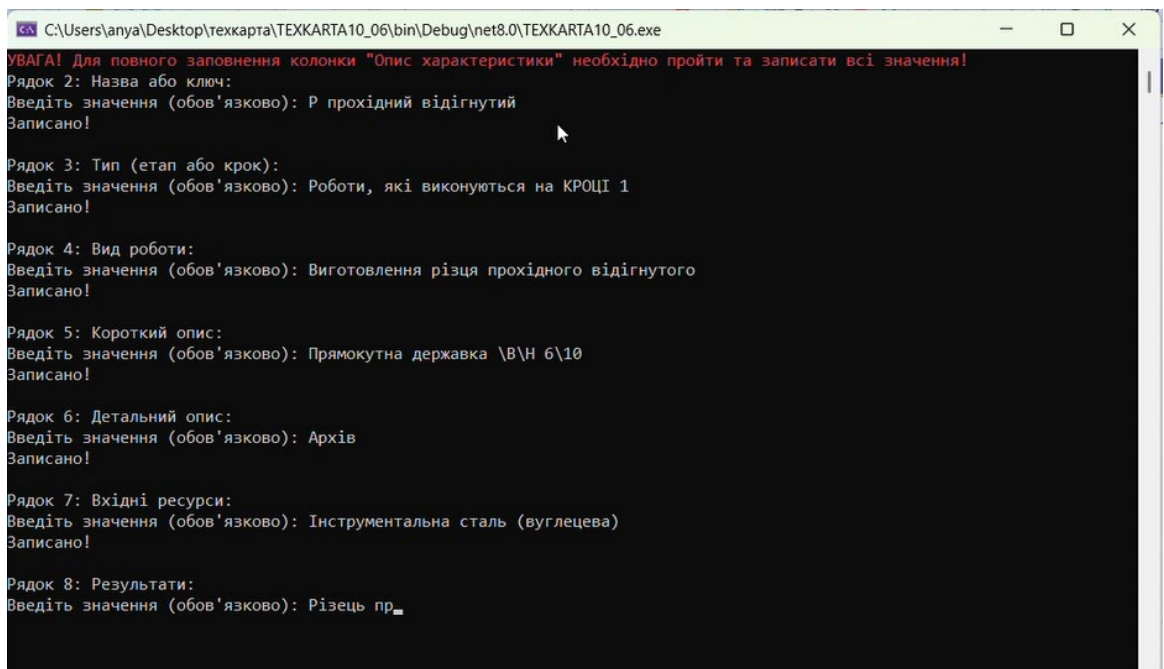


Рисунок 2.6 – Вигляд діалогового вікна проекту при введенні нових даних ТК

Зміст файлу з розширенням .xlsx, придатному для використання в електронних таблицях та для передачі в автоматизовані системи керування роботизованими пристроями відображено на рис. 2.7

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Елемент технологічного конвєсера	Опис характеристики							
2	Назва або ключ:	Р прохідний відігнутий							
3	Тип (етап або крок):	Роботи, які виконуються на КРОЦІ 1							
4	Вид роботи:	Виготовлення різця прохідного відігнутого							
5	Короткий опис:	Прямокутна державка \N 6\10							
6	Детальний опис:	Архів							
7	Вхідні ресурси:	Інструментальна сталь (вуглецева)							
8	Результати:	Різець прохідний 1 шт.							
9	Зона відповідальності та контакти:	Фам Ле В'єт Ань 0987865676							
10	Посилання на стандарти:	Стандарт ПД6\10							
11									

Рисунок 2.7 – Файл ТЕХНОКАРТА.xlsx

Програма циклічно дозволяє вводити кілька записів. У кожному записі – всі поля, як і раніше. Записи зберігаються рядками у xlsx-файлі з номерами. Користувач сам обирає, чи додавати новий запис (y/n).

### 3 РОЗРОБКА ПРОЕКТУ ТЕХНОКАРТА

#### 3.1 Модель ТК для виробництва

Електронний документ, в якому компоненти готового продукту та послідовність виробничих процесів прописані, називається технологічною картою. Він може бути створений вручну, але зручніше і надійніше робити це програмно.

На рисунку 3.1 зображена логічна модель, яка використовувалась для створення автоматизованої технологічної карти.

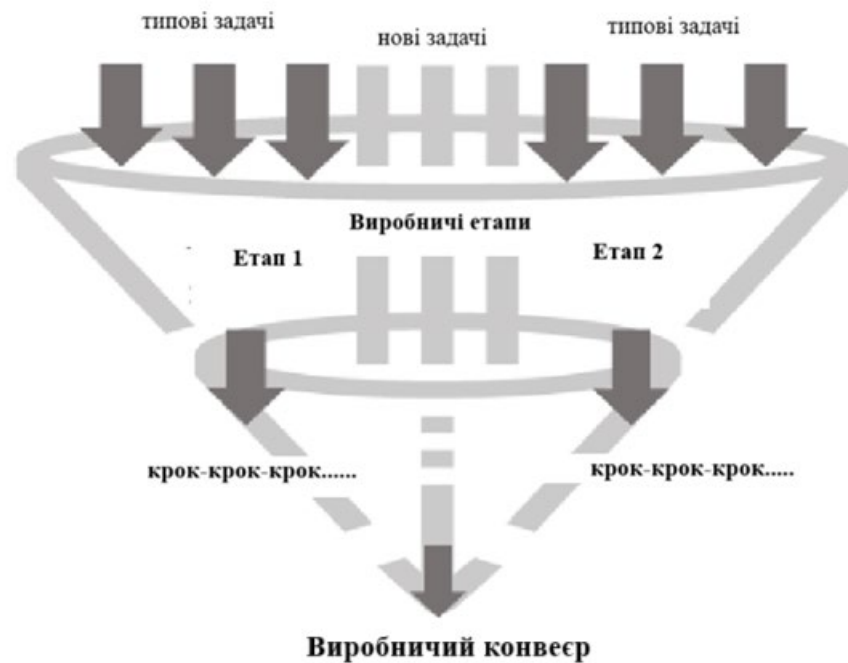


Рисунок 3.1 – Логічна модель автоматизованої ТК

Основними компонентами автоматизованої ТК є задачі, які можуть бути типовими або новими. Відмінність цих двох типів задач в наявності (для типових задач) стандартів, технологій, які вже використовуються (або використовувались) на виробництві. Для типових задач кроки виконання ТК, тобто технологія виробництва певних виробів, зберігається в електронному сховищі.

У випадку нової задачі в ТК будуть відображені кроки, які необхідно зробити для створення ТК на новий виріб. Поява такого позначення в ТК автоматично передається відповідним відділам (технологам, відділу логістики та ін.).

На виробничий конвеєр подається електронний документ, який є основним керуючим елементом роботизованого виробництва.

### 3.2 Розробка ТК для виготовлення токарних різців

Конкретизуємо практичну задачу для більш детального розгляду. Розглянемо задачу розробки автоматизованих ТК для токарних різців.

Наведено короткі теоретичні та практичні відомості для виробництва токарних різців загального призначення та токарних фасонних різців [16].

Всі матеріали, які застосовуються для виготовлення токарних різців, можна поділити (в історичному порядку) на такі групи:

- інструментальні сталі;
- металокерамічні тверді сплави;
- мінералокерамічні матеріали (кераміка);
- синтетичні надтверді матеріали.

Інструментальні сталі в свою чергу поділяються на:

- вуглецеві сталі;
- леговані сталі;
- швидкорізальні сталі.

Автоматизована ТК містить перелік всіх матеріалів, які можуть застосовуватись при виготовленні різців. В разі необхідності цей перелік можна змінити, додати новий матеріал або видалити застарілий. Функціонал ТК при таких маніпуляціях не змінюється. Для додаткового виокремлення кроків виконання в автоматизованих ТК застосовано їх виділення визначеними кольорами (рис. 3.2).

A		B
1	Правила побудови фреймів:	Умовні позн
2		+
3		!
4	Матеріал для виготовлення продукту	⊗
5		П
6		П/Q1
7		П/Q2
8		П/Q3
9		П/Q4
10		?
11		—
12		
13	[Production]	Наявність
14	Етапи або кроки виробничого процесу, види робіт/активності	стандарту/ технології
15		
19	Інструментальна сталь (швидкорізальна)	+
20	Інструментальна сталь (швидкорізальна)	+
21	Металокерамічний твердий сплав	+
22	Мінералокерамічний матеріал (кераміка)	+
23	Синтетичний надтвердий матеріал	+

Рисунок 3.2 – Блок вибору матеріалу, який вибирається із списку та виділений визначеним кольором

На рисунку 3.2 зображено блок ТК для вибору матеріалу, з якого буде виготовлятися продукт (різець в нашій задачі), який вибирається із списку та виділений визначеним кольором.

Продуктом (або виробом), для якого складаються ТК є токарний різець. Токарний різець є найпоширенішим інструментом у галузі обробки металів. Його застосовують для роботи на токарних, револьверних, розточувальних верстатах, оброблювальних роботизованих центрах та верстатах з числовим програмним керуванням (ЧПК).

Різноманітність оброблюваних поверхонь (за формою та розмірами) призвела до появи значної кількості різновидів токарного різця.

Елементи різця.

Основним елементом різальної частини різця є лезо, що утворює різальну кромку, за допомогою якої здійснюється відділення стружки.

Різець складається з двох основних частин (рис. 3.3):

- головки, що є робочою частиною інструмента;
- та тіла (хвостовика), призначеного для закріплення різцям у відповідному пристрої верстата.

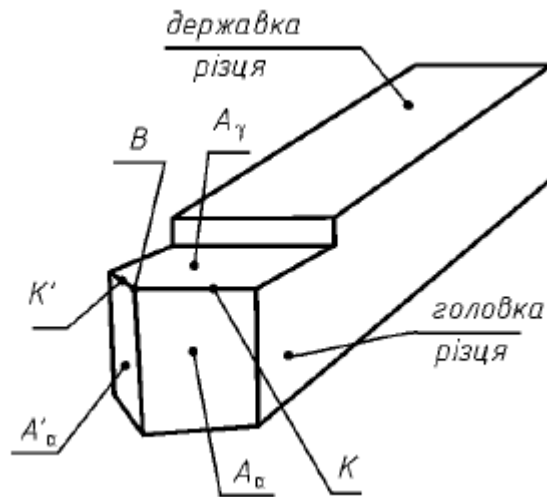


Рисунок 3.3 – Токарний різець:  $A_{\gamma}$  – передня поверхня,  $A_{\alpha}$  – задня поверхня,  $K$  – головна різальна кромка,  $K'$  – допоміжна різальна кромка,  $B$  – вершина різця

Лезо та кромки (рис. 3.3).

За ДСТУ 2249-93 на головці різця, незалежно від його конструкції та призначення, розрізняють такі елементи:

- передня поверхня  $A_{\gamma}$ . Поверхня різального леза інструмента (різця), яка контактує в процесі різання із зрізуваним шаром та стружкою. Загалом, це поверхня по якій сходить стружка;

- задня поверхня  $A_{\alpha}$ . Поверхня різального леза, яка контактує в процесі різання з поверхнями заготовки. Загалом, це поверхня, яка контактує з утвореною, в процесі різання, поверхнею заготовки [17].

Різальна кромка  $K$  – це кромка леза інструмента, утворена перерізом (перетином) передньої та задньої поверхнею леза.

Слід мати на увазі, що задніх поверхонь інструмента може бути декілька. Тому розрізняють головну та допоміжну різальну кромку.

Голова різальна кромка  $K$  – це частина різальної кромки, що формує більшу сторону перерізу зрізуваного шару. Можна стверджувати, головна різальна кромка  $K$  утворена перетином передньої поверхні  $A_\gamma$  з головною задньою поверхнею  $A_\alpha$ .

Допоміжна різальна кромка  $K'$  – це частина різальної кромки, що формує меншу сторону перерізу зрізуваного шару. Можна стверджувати, що допоміжна різальна кромка утворена перетином передньої поверхні  $A_\gamma$  та допоміжної задньої  $A'$  поверхні.

Вершина різця  $B$  – це ділянка різальної кромки у місці перерізу двох задніх площин. Інколи вершину різця визначають, як точку перетину трьох поверхонь: передньої  $A_\gamma$  та двох задніх – головної задньої  $A_\alpha$  та допоміжної задньої  $A'$ . Або як точку перетину головної  $K$  та допоміжної  $K'$  різальної кромки.

На заготовці, котру обточує токарний різець, розрізняють такі поверхні (рис. 3.4):

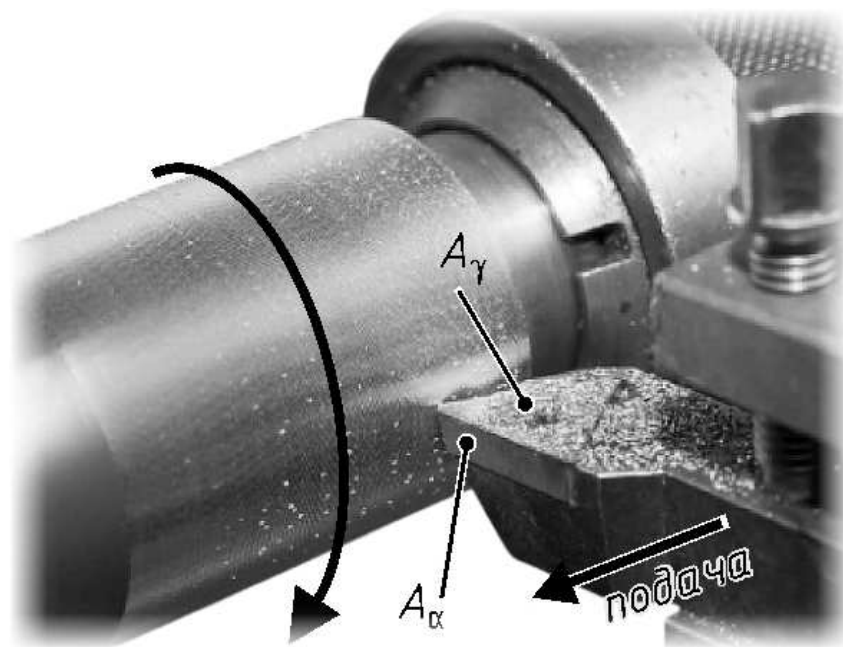


Рисунок 3.4 – Заготовка, котру обточує токарний різець

- оброблювана поверхня;
- оброблена поверхня;
- поверхня різання (рис. 3.5).

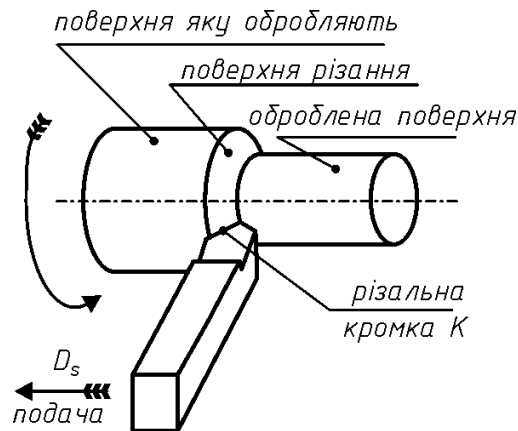


Рисунок 3.5 – Поверхні заготовки та різця: К – різальна кромка,  $D_s$  – напрям подачі

Оброблювана поверхня – це поверхня заготовки яку обробляють. Тобто та, з якої лезо різця зрізує стружку. Оброблена поверхня – це поверхня заготовки, отримана в результаті зрізання стружки лезом токарного різця.

Оброблена поверхня може бути остаточно отриманою поверхнею деталі або проміжною поверхнею у разі коли заготовку обточують декілька разів, поки не буде отримана кінцева поверхня деталі.

При конструюванні токарних різців головним питанням є поперечні розміри державки різця. Занадто тонка державка призведе до значних деформацій інструмента, Занадто масивна – до зайвих витрат матеріалу та коштів.

Отже, основним під час розробки технології токарного різця є визначення параметрів його поперечного перерізу. Схема параметрів перерізу різця подана на рис. 3.6.

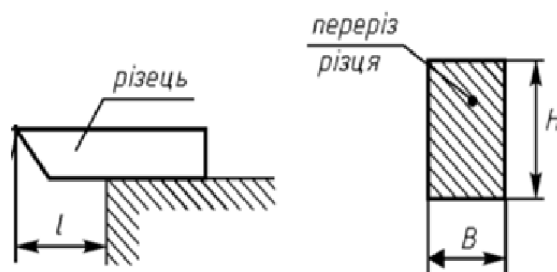


Рисунок 3.6 – Схема визначення перерізу різця:  $H$ ,  $B$  – розміри в мм,

$l$  – виліт різця

Розрахунки  $H$ ,  $B$  – розміри прямокутного різця в мм,  $l$  – виліт різця (відстань від вершини різця до опорної поверхні різцетримача) закладені в ТК згідно таблиці 3.1.

Розрахунок поперечного перерізу різців за стандартом подано в таблиці 3.1. Можливі діаметри круглих державок, які будуть закладені в програму, наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 - Поперечний переріз різців

<b>B, мм</b>	4	5	6	8	10	12	16	20	25	32
<b>H = 1,25 B, м</b>	–	6	8	10	12	16	20	25	32	40
<b>H = 1,6 B, мм</b>	6	8	10	12	16	20	25	32	40	50

Таблиця 3.2 - Діаметри круглих державок

<b>d, мм</b>	6	8	10	12	16	20	25	30	40	50
--------------	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----

В ТК закладені всі можливі параметри державки різця прямокутної та круглої форми (рис. 3.7).

Етапи або кроки виробничого процесу, види робіт/активності	Наявність стандарту/технології/сировини		Продукт 1		Продукт 2		Продукт 3	
	Факт	Чел.ч.	Факт	Чел.ч.	Факт	Чел.ч.	Факт	Чел.ч.
Прямокутна державка/B/H 8/12	+	+			+		?	
Прямокутна державка/B/H 10/12	+	+			⊗		⊗	
Прямокутна державка/B/H 10/16	П	П	240		?		!	40
Прямокутна державка/B/H 12/16	+	+			+		+	
Кругла державка d 6	!	–			–		–	
Кругла державка d 8	!	–			–		–	
Кругла державка d 10	!	–			–		–	
Кругла державка d 12	+	+			+		!	

Рисунок 3.7 – Параметри державки різця в ТК

Фасонним називають різець (рис. 3.8), різальні кромки якого мають форму подібну до профілю виробу. Фасонні різці застосовують у великосерійному та масовому виробництві. Вони забезпечують високу продуктивність, однорідність форми профілю та точність розмірів оброблюваних деталей.

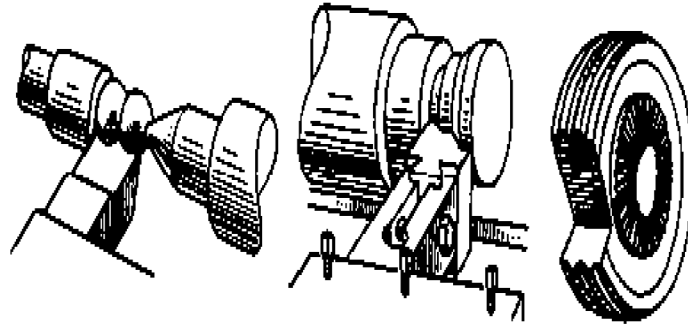


Рисунок 3.8 – Фасонні токарні різці

Фасонні різці можна розділити на наступні групи (рис. 3.8):

- круглі радіальні;
- призматичні (стрижневі) радіальні,
- призматичні тангенціальні.

В проєкті ТЕХНОКАРТА для кожного виробу застосовується скорочена назва. Наприклад, різець фасонний круглий радіальний має назву РФ круглий.

16.05.2025	TK1	TK2	TK3	TK4	Актуальний стан виробу							
1:10:25	Р прохідний відігнутий		Р підрізний		Р відрізний		РФ круглий		РФ призматичний		РФ тангенціальний	
	Факт	Чел.ч.	Факт	Чел.ч.	Факт	Чел.ч.	Факт	Чел.ч.	Факт	Чел.ч.	Факт	Чел.ч.
+	+											
+	⊗		⊗		+		⊗		⊗		⊗	
–			+		+		+		+		+	
+	+		+		+		⊗		+		+	
+	+		?		+		+		П	24	+	
+	+		–		+		!		+		+	

Рисунок 3.9 – Головне вікно проєкту ТЕХНОКАРТА

На рисунку 3.9 відображене головне вікно програми ТЕХНОКАРТА із введеними видами різців, які виготовляє роботизоване виробництво, поточним часом і датою.

Кожному кроку або етапу виготовлення виробу відповідає окрема ТК, яка формується на основі стандарту або затвердженої технології підприємства (рис. 3.10).

A	B	C
<b>Елемент технологічного конвеєра</b>	<b>Опис характеристики</b>	
1	<b>Р прохідний відігнутий</b>	
2 Назва або ключ:	<b>Роботи, які виконуються на КРОЦІ 1</b>	
3 Тип (етап або крок):	Виготовлення різця прохідного відігнутого	
4 Вид роботи:	Прямокутна державка/В/Н 6/10	
5 Короткий опис:	Архів	
6 Детальний опис:	<b>Інструментальна сталь (вуглецева)</b>	
7 Вхідні ресурси:	Різець прохідний прямокутний 1 шт.	
8 Результати:	Фан Ле Вьет Ань, 0507777777	
9 Зона відповідальності та контакти:	Стандарт ПД 6/10	
10 Посилання на стандарти:		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		

Рисунок 3.10 – Приклад ТК в проєкті ТЕХНОКАРТА

В разі відсутності такого стандарту в головному вікні програми відображаються терміни підготовки ТК. Така ситуація виникає періодично, наприклад, при замовленні виробу, який підприємство раніше не виготовляло або при появі нових матеріалів, обладнання або виникнення непередбачуваних обставин.

### 3.3 Охорона праці

Розміри приміщення, в якому виконуються роботи з використанням ПК, регламентуються ДСанПиН 3.3.2.007-98 [18]. Робоче місце складається із стола, стільця і ПК.

Наприклад, площа приміщення  $30 \text{ м}^2$ , об'єм –  $90 \text{ м}^3$ . Згідно ДСанПиН 3.3.2.007-98 площа на одне робоче місце має становити не менше  $6 \text{ м}^2$ , а об'єм –  $20 \text{ м}^3$  [18]. Для даного приміщення робоча площа і об'єм на одну людину відповідає нормам, так як в нашому випадку площа на одне робоче місце становить  $10 \text{ м}^2$ , а об'єм –  $30 \text{ м}^3$ .

Живлення комп'ютерів здійснюється від трифазної чотирьох провідної електричної мережі змінного струму з глухо-заземленою нейтраллю і напругою  $220 \text{ В}$ , частотою  $50 \text{ Гц}$ .

Згідно НПАОП 40.1-1.21-98 це приміщення можна віднести до категорії без підвищеної небезпеки, так як у приміщенні відсутні чинники, які викликають підвищену або особливу небезпеку [19].

Для створення безпечних умов праці необхідно провести ряд організаційних і технічних заходів. Згідно НПАОП 40.1-1.32-01 для запобігання ураження людини електричним струмом в приміщенні застосовується система занулення [20].

Згідно з вимогами НПАОП 0.00-4.12-05 необхідно провести вступний, первинний на робочому місці, повторний, цільовий та позаплановий інструктаж. Зміст інструктажу відповідає вимогам НПАОП 0.00-4.12-05. Інструктаж відзначається в відповідних журналах з підписами інструктованих і інструктора [21].

Робота за ПК проводиться сидячи і не вимагає фізичної напруги. Тому вона відноситься до категорії Ia (легкі фізичні роботи, енерговитрати до  $120 \text{ ккал/год}$ ). З метою забезпечити комфортні умови для працівників та відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 у відвідуванні встановлені наступні метеорологічні параметри:

а) для холодного періоду:

1) температура повітря від  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $24 \text{ }^\circ\text{C}$ ;

- 2) вологість повітря від 40 % до 60 %;
  - 3) швидкість руху повітря оптимальна до 0,1 м/с;
- б) для теплого періоду року:
- 1) температура повітря від 23 °С до 25 °С;
  - 2) вологість повітря від 40 % до 60 %;
  - 3) швидкість руху повітря оптимальна до 0,1 м/с [22].

Для освітлення робочих місць і приміщення в цілому застосовується як природне бічне освітлення, так і штучне освітлення.

Приміщення з ПК повинні мати природне і штучне освітлення відповідно до ДБН В.25-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Природне світло повинно проникати через бічні світлові прорізи, зорієнтовані, як правило, на північ або північний схід, і забезпечувати коефіцієнт природної освітленості (КПО) не нижче 1,5 %:  $e^{IV} = 1,35$ , де  $e^{IV}_{\text{норм}}$  – нормоване значення КПО для 4-го поясу світлового клімату України [23].

Згідно ДСН 3.3.6.037-99 рівень шуму в лабораторії не перевищує 50 дБ.

Загальний рівень штучного освітлення приміщення можна перевірити за допомогою методу питомої потужності.

Розрахункова формула методу:

$$W = \frac{W_{\Sigma}}{S}, \quad (3.1)$$

де  $W$  – питома потужність, Вт/м<sup>2</sup>;

$S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>;

$W_{\Sigma}$  – загальна потужність освітлювальної установки, Вт, яка розраховується за формулою

$$W_{\Sigma} = W_{cv} \cdot n_{cv}, \quad (3.2)$$

де  $W_{ce}$  – потужність одного світильника,  $W_{ce} = 80$  Вт;

$n_{ce}$  – кількість світильників у приміщенні,  $n_{ce} = 4$ .

Дане приміщення має площу  $30 \text{ м}^2$ , в якому розташовано шість світильників потужністю 80 Вт.

$$W_{\Sigma} = 4 \cdot 80 = 320 \text{ Вт}, \quad (3.3)$$

$$W = \frac{320}{30} = 11 \text{ Вт/м}^2.$$

Табличне значення для отриманого результат освітленість складе 200 лк, коли відповідно до стандарту ДБН В.2.5-28-2006. в приміщенні освітленість повинна бути від 300 лк до 500 лк. Для отримання освітленості в 400лк необхідна питома потужність  $21 \text{ Вт/м}^2$  [23].

Для поліпшення умов роботи в приміщенні необхідно в денний час застосовувати додаткове освітлення.

Приміщення для роботи з ПК потребують виконання звичайних ергономічних вимог до робочих місць та підтримки мікроклімату без наявних особливостей.

## ВИСНОВКИ

В ході виконання роботи було проведено аналіз наукової літератури за темою, проведено аналіз існуючих автоматизованих систем управління роботизованим виробництвом та характеристик технологічних карт.

Технологічна карта є цифровим “двигуном” автоматизованої системи керування виробництвом: вона забезпечує логіку, послідовність і параметри виконання операцій, слугує джерелом даних для прийняття рішень, адаптації планів і оптимізації виробничих процесів. У контексті роботизованого виробництва вона перетворюється з простої інструкції на інтерактивний динамічний об’єкт, інтегрований у цифрову екосистему підприємства.

Автоматизована ТК універсальна, розширювана і легко підтримується. Розробляти і супроводжувати технологічний процес у такому вигляді набагато легше, ніж у будь-яких інших процесних моделях. Крім того, табличний опис простіший для людини, більш природній і краще структурований, ніж, наприклад, функціональна модель.

Були виконані наступні завдання:

- проведено аналіз особливостей управління роботизованим виробництвом;
- розглянуто основні завдання та функції технологічних документів;
- розроблено структуру та шаблон ТК для роботизованого виробництва;
- розроблена автоматизована ТК для виробництва металевих різців;
- проаналізовані програмні засоби для реалізації інтерфейсу проекту;
- створено програмний інтерфейс та керівництво користувача.

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 3008-15. Документація. Звіти у сфері науки та техніки. структура та правила оформлення. Введ. 2015-06-22. К. Держстандарт України, 2017. – 29 с.
2. Методичні вказівки з підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» освітньої програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Упоряд.: І.Ш. Невлюдов, А.О. Андрусевич, О.В. Токарева, С.П. Новоселов, О.В Сичова. Харків: ХНУРЕ, 2022. – 55 с.
3. Промисловий робот Fanuc M-710iC/50 [Електронний ресурс]/ – Режим доступу: [www/ URL: https://hydrolider.com.ua/ua/p952503519-promyshlennyj-robot-fanuc.html](http://www/URL:https://hydrolider.com.ua/ua/p952503519-promyshlennyj-robot-fanuc.html)
4. Метод “Барабан-буфер-мотузка” в BAS ERP [Електронний ресурс]/ – Режим доступу: [www/ URL: https://a4.com.ua/metod-baraban-bufer-motuzka-v-bas-erp/](http://www/URL:https://a4.com.ua/metod-baraban-bufer-motuzka-v-bas-erp/)
5. Невлюдов І. Ш. Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / І. Ш. Невлюдов та інш. Кривий Ріг: Криворізький коледж НАУ, 2017 р. – 444 с.
6. Сезонова І.К., Хорошайло Ю.Є. Планування якості і менеджмент проектів роботизованого приладобудівного виробництва / Технологія приборостроения, Харків, 1' 2020 – С.74-77
7. Метод «Барабан-буфер-веревка» в BAS ERP [Електронний ресурс] /– Режим доступу: [www / URL: https://a4.com.ua/ru/metod-baraban-bufer-verevka-v-bas-erp/](http://www/URL:https://a4.com.ua/ru/metod-baraban-bufer-verevka-v-bas-erp/)
8. Денисюк В.Ю. Електронний посібник з дисципліни «Автоматизація виробничих процесів в приладобудуванні» / Денисюк В.Ю. – Луцьк: Луцький національний технічний університет, 2017 [Електронний ресурс] /– Режим

доступу: [www/](http://www/) URL:

[https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib\\_upload/%D0%90%D0%92%D0%9F%20%D0%B2%20%D0%9F%D0%91%20PDF%201/other/tema\\_8\\_zastosuvannya\\_promislovix\\_robotiv\\_i\\_gnuchkix\\_virobnichix\\_sistem\\_dlya\\_avtomatizacziyi\\_vi\\_robnicztva\\_v\\_priladobuduvanni.pdf](https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/%D0%90%D0%92%D0%9F%20%D0%B2%20%D0%9F%D0%91%20PDF%201/other/tema_8_zastosuvannya_promislovix_robotiv_i_gnuchkix_virobnichix_sistem_dlya_avtomatizacziyi_vi_robnicztva_v_priladobuduvanni.pdf)

9. Lee E.A. Cyber Physical Systems: Design Challenges [Електронний ресурс]/ – Режим доступу: [www/ URL: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.156.1012&rep1&type=pdf](http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.156.1012&rep1&type=pdf)

10. Мейтус В.Ю. Проблеми побудови інтелектуальних систем. Кібернетика та системний аналіз. – 2018. – №4. – С. 32-44.

11. Інформаційні технології в моделюванні управлінської діяльності підприємства. Збірник наукових праць / Бурцева Т.І., Серкова Л.Е., Пальонна Т.А., 2019. – С. 37-40.

12. A. H. Mohamed, D. Abidou and S. A. Maged, “LQR and PID controllers’ performance on a half car active suspension system, International mobile, intelligent, and ubiquitous,” computing conference, IEEE, pp. 48-53, 2021.

13. Matrood, Mustafa & Nassar, Ameen. Improving the Dynamic Response of Half-Car Model Using Modified PID Controller. Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering. 2023, № 19. – pp. 52-58.

14. Пилипець М.І., Ткаченко І.Г., Левкович М.Г., Васильків В.В., Радик Д.Л. Правила заповнення основних форм технологічних документів. Навчальний посібник [Електронний ресурс]/ – Режим доступу: [www/ URL: https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/42995/1/Pravyla\\_zapovnennia\\_osnovnykh\\_form\\_tekhnolohichnykh\\_dokumentiv.pdf](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/42995/1/Pravyla_zapovnennia_osnovnykh_form_tekhnolohichnykh_dokumentiv.pdf)

15. ДСТУ Б А.2.4-3:2009 Система проектної документації для будівництва. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. Введ. 2009–01–23. К. Держстандарт України, 2009. – 25 с.

16. Солодкий В. І. Проектування різальних інструментів. Різці токарні (Друга редакція). Навчальний посібник для студентів спеціальності 131 – Прикладна механіка. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 121 с.

17. ДСТУ 2249-93 Оброблення різанням. Терміни, визначення та позначення. Введ. 1995–01–01. К. Держстандарт України, 1995.– 32с.

18. ДНАОП 0.00-1.21-98. Про затвердження Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів // Офіційний вісник України від 12.03.1998 – 1998 р., № 8, стор. 394, ст. 315, код акту 4907/1998.

19. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок / Наказ Міністерства праці та соціальної політики України від 21.06.2001 р № 272 [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [www / URL: https://dnaop.com/html/1692/doc-НПАОП\\_40.1-1.32-01](http://www.dnaop.com/html/1692/doc-НПАОП_40.1-1.32-01).

20. НПАОП 0.00–4.12.05. Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці / Наказ Державного комітету України з нагляду за охороною праці від 26.01.2005 № 15 [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [www / URL: https://dnaop.com/html/32368/doc-НПАОП\\_0.00–4.12.05](http://www.dnaop.com/html/32368/doc-НПАОП_0.00–4.12.05).

21. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень / Постанова Міністерства охорони здоров'я України від 01.12.1999 № 42 [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [www / URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/card/va042282-99](http://www.zakon.rada.gov.ua/rada/card/va042282-99).

22. Комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни «Організація керування умовами праці» підготовки освітнього рівня бакалавр усіх спеціальностей та усіх напрямів університету / ХНУРЕ [Електронний ресурс] / – Режим доступу: [www / URL: https://catalogue.nure.ua/document=218933](http://www.catalogue.nure.ua/document=218933)