

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)
кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня
бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **«Розробка автоматизованої системи керування процесом
розфасування рідких продуктів на основі програмованого логічного
контролера фірми Siemens»**

Виконав: студент IV курсу, групи КА-41
Спеціальності 151 «Автоматизація
та комп'ютерно-інтегровані технології»

(підпис) Заказнюк О.В.

Керівник _____
(підпис) Дмитрів О.Р.

Нормоконтроль _____
(підпис) Шовкун О.П.

Завідувач кафедри _____
(підпис) Савків В.Б.

Рецензент _____
(підпис) _____

Тернопіль
2025

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Савків В.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« ____ » _____ 2025р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Заказнюку Олександрю Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Розробка автоматизованої системи керування процесом логічного розфасування рідких продуктів на основі програмованого контролера фірми Siemens»

Керівник роботи к.т.н., доцент Дмитрів О.Р.

(прізвище, 2м.'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «11» квітня 2025 року № 4/7-310

2. Термін подання студентом завершеної роботи 15 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Технічні вимоги до розливу рідини у пляшки

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1) АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ;

2) РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ ФАСУВАЛЬНОЇ ЛІНІЇ;

3) ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РОЗЛИВУ

4) БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Презентація кваліфікаційної роботи 12 аркушів формату А4

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини кваліфікаційної роботи становить 12 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 56 друкованих сторінок формату А4.

Кваліфікаційна робота складається з чотирьох розділів, в яких нараховується 21 рисуноків та 5 таблиць з даними. В роботі використано 26 літературних джерел.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматизованого управління лінії фасування рідких продуктів.

Проектування даної пакувальної лінії передбачає використання ПЛК Siemens LOGO, виконавчих механізмів та ультразвукових датчиків. Управління лінією здійснюється шляхом активації та вимкнення датчиків, регулювання швидкості руху конвеєра. Під час розробки лінії упаковки, автоматизовано процеси, зокрема, зменшено навантаження на виконавчі механізми та кількість відбракування, шляхом запобігання перевантажень датчиків та виконавчих механізмів, що дозволяє уникнути простою автомату.

Ключові слова: ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПАКУВАННЯ, ПРОГРАМА, СИСТЕМА.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ	7
1.1 Особливості процесу розфасування рідких продуктів	7
1.2 Аналіз об'єкта автоматизації	13
2 РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ ФАСУВАЛЬНОЇ ЛІНІЇ	16
2.1 Розробка плану потоку управління	16
2.2 Розробка функціональної схеми автоматизації	17
2.3 Вибір апаратної частини пакувальної лінії	22
2.4 Проектування блок-схеми роботи лінії	27
3 ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РОЗЛИВУ	31
3.1 Обґрунтування вибору програмованого логічного контролера	31
3.2 Обґрунтування вибору середовища програмування та налаштування	33
3.3 Процес створення програмного забезпечення	38
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	42
4.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей виробничої сфери	42
4.2 Забезпечення нормальних умов праці	45
4.3 Розрахунок напруги дотику	50
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	54

ВСТУП

У сучасних умовах глобалізації та цифрової трансформації автоматизація посідає ключове місце серед інноваційних технологій, що впливають на різні сфери суспільного життя та виробничих процесів. Її розвиток обумовлений необхідністю підвищення ефективності, зниження витрат та забезпечення конкурентоспроможності підприємств.

Основні переваги автоматизації:

1. Підвищення продуктивності та точності.

Автоматизовані системи дозволяють виконувати операції з високою швидкістю та мінімальною похибкою, що значно перевищує можливості ручної праці. Сучасні технології, такі як штучний інтелект (ШІ), машинне навчання (МН) та аналіз великих даних (Big Data), забезпечують прийняття обґрунтованих рішень на основі аналізу великих масивів інформації.

2. Економічна ефективність.

Використання автоматизованих систем дозволяє компаніям оптимізувати витрати за рахунок зменшення кількості персоналу, призначеного для виконання рутинних операцій. Крім того, автоматизація мінімізує ризик людських помилок, що позитивно впливає на якість продукції та послуг.

3. Безпека та охорона праці

Автоматизовані процеси дозволяють замінити людину у небезпечних або шкідливих умовах, знижуючи ймовірність виробничих травм та професійних захворювань.

У рамках даного дослідження була розроблена автоматизована система пакування рідких продуктів, що відповідає сучасним вимогам до ефективності та надійності.

1. Технічні рішення:

- о використання програмованого логічного контролера (ПЛК) Siemens LOGO для керування процесами;

- застосування ультразвукових датчиків відстані для точного визначення положення продукту;
- впровадження пневматичних клапанів для регулювання потоку рідини;
- оптимізація швидкості конвеєра за допомогою автоматизованого керування.

2. Ефективність системи:

- зменшення виробничих відходів за рахунок уникнення простоїв обладнання;
- підвищення продуктивності за рахунок синхронізації роботи всіх ланок лінії;
- забезпечення повністю автономного функціонування без участі оператора.

Автоматизація є ключовим чинником у сучасному виробництві, що забезпечує підвищення ефективності, зниження витрат та покращення якості продукції. Розроблена система пакування рідких продуктів демонструє високу ефективність завдяки інтеграції сучасних технологій, таких як ПЛК, датчики та автоматизоване керування. Її впровадження дозволить підприємствам підвищити конкурентоспроможність на світовому ринку та забезпечити стабільність виробничих процесів.

1 АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ

1.1 Особливості процесу розфасування рідких продуктів

Процес упаковки рідких продуктів є критично важливим етапом у виробничому ланцюжку, оскільки він безпосередньо впливає на якість, безпеку та тривалість зберігання продукції. Для забезпечення високої точності та ефективності необхідно враховувати фізико-хімічні властивості рідини, такі як [1-3]:

- в'язкість – впливає на швидкість наповнення тар;
- щільність – визначає об'ємні параметри фасування;
- поверхневий натяг – може спричиняти утворення піни або нерівномірне розподілення рідини.

Крім того, на ефективність процесу впливають зовнішні фактори, зокрема:

- температура рідини – може змінювати її густину та текучість;
- тиск у системі – регулює швидкість подачі продукту;
- відстань між тарами – впливає на точність позиціонування під час наповнення.

Етапи процесу пакування. Процес фасування рідких продуктів включає такі основні етапи:

- наповнення – точне дозування рідини в тару з урахуванням її властивостей;
- закупорювання – герметичне закриття тари для запобігання витоку та окислення;
- маркування – нанесення інформації про продукт, термін придатності та інших даних;
- запечаткування – забезпечення цілісності упаковки для подальшого транспортування.

Ключові вимоги до упаковки. Для забезпечення якості та безпеки продукції пакувальні матеріали та процеси повинні відповідати таким критеріям:

1. Сумісність матеріалів:
 - використання тари зі скла, пластику або металу, яка не взаємодіє з продуктом;
 - застосування спеціальних покриттів або ламінату для запобігання окисленню та втраті якості.
2. Герметичність:
 - забезпечення ефективного бар'єру проти витоку, проникнення кисню, вологи та мікроорганізмів;
 - використання надійних запірних механізмів (наприклад, завинтованих кришок, клапанів).
3. Механічна міцність:
 - збереження цілісності упаковки під час транспортування та зберігання;
 - застосування додаткових засобів захисту (пломби, захисні плівки).
4. Ергономіка та зручність:
 - простота використання для споживача (наприклад, система дозування, легке відкриття);
 - оптимальна форма та вага для зручності транспортування.
5. Відповідність нормативним вимогам:
 - дотримання стандартів безпеки (наприклад, ISO, ДСТУ, FDA);
 - екологічна відповідальність (використання перероблених матеріалів).

Пакування рідких продуктів є складним технологічним процесом, який вимагає комплексного підходу до вибору матеріалів, обладнання та методів фасування [4]. Для досягнення оптимальних результатів необхідно враховувати властивості рідини, характеристики тари, а також вимоги нормативних документів. Автоматизація цього процесу дозволяє підвищити точність, продуктивність та економічну ефективність виробництва.

1.1.1 Аналіз систем пакування рідких продуктів

Сучасні технології пакування рідких продуктів зазнали значних змін, проте існуючі системи мають низку недоліків, які потребують усунення. У даному розділі розглядаються основні типи систем пакування, їх переваги, недоліки та перспективи вдосконалення [5, 6, 7].

1. Система пакування пляшок (рис. 1.1).

Застосування:

- напої (газовані, негазовані);
- фармацевтичні препарати;
- косметичні рідини.

Переваги:

- довговічність та міцність тари;
- зручність для споживача;
- можливість багаторазового використання (у випадку скляних пляшок).

Недоліки:

- екологічний вплив: пластикові пляшки важко піддаються переробці та забруднюють навколишнє середовище.
- обмеження для в'язких рідин: не всі типи рідин можуть ефективно фасуватися через вузькі горловини пляшок.
- витрати на виробництво: виготовлення пляшок вимагає значних ресурсів (енергія, вода).

Перспективи: використання біорозкладного пластику та впровадження систем зворотнього збору тари.



Рисунок 1.1 — Загальний вигляд системи упаковки “BPM-3000”

2. Пакетна система пакування (рис. 1.2) [8, 9, 10, 11].

Застосування:

- молочні продукти;
- соки та напої;
- рідкі харчові продукти.

Переваги:

- легкість та компактність (зменшення витрат на транспортування);
- гігієнічність (одноразове використання);
- висока швидкість автоматизованого пакування.

Недоліки:

- складність переробки: комбіновані матеріали (пластик + алюміній) утруднюють переробку;
- обмеження для агресивних рідин: не підходить для сильноокислих або лужних рідин.
- ризик пошкодження: пакети легко проколюються або розриваються.

Перспективи:

- розробка повністю перероблюваних пакетів;
- Використання біополімерів для зменшення екологічного навантаження.



Рисунок 1.2 — Загальна структура системи упаковки “TCLB-160A”

3. Коробкова система пакування (Bag-in-Box) (рис. 1.3) [12–16].

Застосування:

- вино;
- соки;
- олії.

Переваги:

- економія матеріалів (менше пластику порівняно з пляшками);
- зручність для великих обсягів;
- можливість подовження терміну зберігання.

Недоліки:

- обмежена мобільність: призначена для стаціонарного використання (ресторани, бари);
- скорочений термін придатності після відкриття: продукт швидко псується через контакт з повітрям;
- складність утилізації: картонні коробки з внутрішнім пластиковим шаром важко переробляти.



Рисунок 1.3 — Загальна структура коробкової системи пакування

Широко використання отримали системи пакування рідких продуктів на основі асептичного пакування (рис. 1.4). Ці системи активно використовуються

для пакування таких рідин, як «молочні продукти», «соки» та інших рідин. Системи асептичної упаковки створюються шляхом об'єднання теплової та асептичної обробки для проведення стерилізації рідин і пакувальних матеріалів.

Перевагами цих систем є подовження терміну придатності продуктів і запобігання втраті смаку та поживної цінності, але вони також мають недоліки, пов'язані з дороговизною та потребою в спеціальному обладнанні під час процесу наповнення та запечатування.



Рисунок 1.4 — Загальний вигляд асептичної розливної машини

В останні роки виникли питання до створення екологічно чистих систем розфасовки рідких продуктів. Зростає використання біорозкладних пакувальних матеріалів, зокрема папір а також пластик рослинного походження, для пакування рідин є екологічно чистим порівняно зі звичайною пластиковою упаковкою, оскільки вони біологічно розкладаються та переробляються.

Проаналізувавши системи пакування рідких продуктів, встановлено, що вони характеризуються недоліками, що необхідно виправити. Незважаючи на те, що ці системи широко використовуються, їм все ще бракує стабільності, можливості повторного використання та сумісності з певними типами рідин.

Однак із зростанням попиту на міцні та екологічно чисті упаковки, проводиться розробка нових та інноваційних систем пакування, щоб подолати ці виклики. Для виробників важливо створювати нові упаковки та впроваджувати

екологічність тари, щоб забезпечити, зокрема: надійність та якість рідких продуктів, за рахунок зниження їхнього впливу на навколишнє середовище.

1.2 Аналіз об'єкта автоматизації

У рамках аналізу лінії, заплановано автоматизувати операції, які можна використати, для зменшення навантаження на інші виконавчі механізми, зниження рівня бракованої продукції через запобігання перевантаженням сенсорів і виконавчих механізмів, а також підвищення обсягу виробництва якісної продукції. У зв'язку з цим, розглянемо основні аспекти автоматизації процесів об'єкта.

Автоматизація технологічних процесів — це використання енергії для виконання та керування виробничими процесами без безпосереднього втручання людини з метою скорочення витрат праці, покращення умов виробництва упаковки, збільшення обсягів виробництва та якості продукції. Передбачається виконати, зокрема, часткову автоматизацію технологічних процесів, що стикаються з проблемами. Предметом автоматизації є діюча автоматизована лінія розливу газованої води.

Проте, за результатами аналізу, вона не відповідає сучасним вимогам до автоматизованих пакувальних ліній. На цьому об'єкті виникають проблеми та несправності існуючого обладнання, зокрема пневматичних пристроїв і сенсорів. Актuatorи не виходять на необхідну швидкість і повну працездатність, що негативно позначається на продуктивності операцій: пляшки складаються на конвеєрі, що приводить до затримки пакування [17-21].

Кількість сенсорів, встановлених на лінії, є недостатньою, що викликає несправності в операціях формування блоку пляшок і їх подачі. У процесі автоматизації роботи термотунеля необхідно розглянути його функціонування після того, як продукція була спаяна та обрізана. Продукція транспортується в термотунель, де перебуває приблизно 15 секунд. В умовах термотунеля плівка під дією температури деформується до твердого стану. Основною проблемою є

необхідність постійного регулювання температури термотунеля до оптимальних показників для забезпечення належної якості упаковки.

Програмне забезпечення, яке використовувалося для управління механізмами в рамках аналізу об'єкта, виявилось недостатньо досконалим та неефективним у своїй роботі. Таким чином, аналіз пакувальної лінії показав, що її функціональний стан не є ідеальним. Виникає ряд проблем на виробничій лінії, які можна усунути шляхом впровадження більш продуктивного та відповідного обладнання.

Нашою метою є пошук економічно ефективних рішень для модернізації обладнання, серед яких ультразвукові сенсори для вимірювання відстані, пневматичні перемикачі та ПІД-регулятори. Ці елементи зможуть суттєво зменшити простої в роботі лінії й підвищити продуктивність, а також швидкість виконання між операціями. Це забезпечить повну функціональність лінії пакування.

Під час аналізу об'єкта було враховано необхідність встановлення ультразвукових сенсорів на кожен виконавчу ланку лінії, де спостерігається нестача сенсорів. Наступним кроком стане оновлення пневматичних пристроїв на лінії, що дозволить досягти високої швидкості роботи та надійності без відмов у управлінні, які потрібні для роботи з заслонками, розділювачами та іншими механізмами [22, 23, 24, 25].

Додатково необхідно використовувати ПІД-регулятор температури, який дозволить точно регулювати необхідну температуру в тепловому ножі та тепловому тунелі. З точки зору програмного забезпечення, необхідно збільшити на додаткові функціональні блоки, які дозволяють належним чином контролювати пакувальну систему.

Етапи роботи пакувальної лінії:

1. Продукт подається з технологічного конвеєра на конвеєр автоматичної лінії подачі, де розділяється на потоки дільником.

3. Під час заповнення конвеєрної стрічки у ковші штовхача формується попередня партія продукції.

4. Коли відро повністю заповнюється продуктом, спрацьовують сенсори заповнення, і штовхаючий пристрій переміщує групу з плівкою за лінію, де знаходиться ніж, на пакувальний стіл і переносить її на затискач.

5. Коли термоніж опускається, він загортає продукт в пакувальний матеріал, розрізає плівку та запечатує його. Попередня упаковка готова.

6. Процес, описаний обертовим блоком, автоматично повторюватиметься, коли кожна наступна група продуктів штовхає попередню групу на конвеєр теплового тунелю.

7. У тепловому тунелі продукт рухається по конвеєру при заданій температурі та часі. Під час обгортання групи продуктів, упакованих під дією тепла, термічний удар виникає лише на пакувальний матеріал, а не на продукт.

8. Упакований продукт з теплового тунелю надходить на приймальний роликовий конвеєр, де гаряча плівка охолоджується вентилятором. В результаті охолодження плівка дає усадку і огортає виріб з усіх боків.

2. РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ ФАСУВАЛЬНОЇ ЛІНІЇ

Для ефективного управління пакувальною лінією необхідно розробити детальний план потоку управління, який враховує всі етапи технологічного процесу, взаємодію компонентів системи та автоматизацію ключових операцій. Це дозволяє оптимізувати виробництво, зменшити вплив людського фактору та підвищити продуктивність.

2.1 Розробка плану потоку управління

Аналіз системи та її компонентів. Перед розробкою плану потоку управління було проведено детальний аналіз пакувальної лінії, зокрема:

1. Функціональні блоки:

- наповнення тари;
- закупорювання;
- маркування;
- транспортування.

2. Взаємодія компонентів:

- датчики контролю рівня рідини;
- виконавчі механізми (клапани, конвеєри);
- системи керування (PLC, SCADA).

Структурна схема фасувальної лінії. На рисунку 2.1 представлено структурну схему пакувальної лінії, яка включає такі основні елементи:

- блок подачі тари: забезпечує подачу порожньої тари на конвеєр;
- блок наповнення: використовує точні дозатори для заповнення рідиною;
- блок закупорювання: герметично закриває тару (кришки, клапани);
- блок маркування: наносить інформацію про продукт (термін придатності, штрих-код);

- блок транспортування: переміщує готову продукцію до зони пакування або складу.



Рисунок 2.1 – Структурна схема фасувальної лінії

2.2 Розробка функціональної схеми автоматизації

Функціональна схема автоматизації є найважливішим конструкторським документом, що визначає структуру і ступінь автоматизації технологічного процесу заводу. На функціональній схемі використовуються умовні графічні символи для відображення технологічних пристроїв, засобів зв'язку, засобів керування, обладнання та засобів автоматизації [26, 27, 28, 29]. Пристрої та засоби автоматизації демонструються на функційних схемах у розгорнутому вигляді, де кожен прилад або блок, що є частиною єдиного комплексу, зображується окремими умовними графічними зображеннями.

На рисунку 2.2 представлено функціональну схему системи пакування, яка базується на структурній схемі (рисунок 2.1). Схема включає такі основні компоненти:

1. Блок подачі пустої тари (1)
 - Функція: Переміщення пустої пляшки до початкової позиції.
 - Сенсори:
 - S1: Контролює наявність пляшки на конвеєрі.

- S2: Визначає точне позиціонування пляшки.
- Виконавчий механізм (BM1):
- Зупиняє подачу пляшки після її позиціонування.
- 2. Блок заповнення пляшки (2)
- Функція: Заповнення пляшки рідиною до заданого рівня.
- Сенсори:
 - S3: Вимірює рівень рідини.
 - S4: Контролює перелив.
- Виконавчі механізми (BM2, BM3):
 - BM2: Відкриває/закриває клапан подачі рідини.
 - BM3: Опускає заповнену тару на фіксовані ролики.
- 3. Фіксовані ролики (3)
- Функція: Переміщення наповнених пляшок до зони подальшої обробки.
- Сенсори:
 - S5: Визначає наявність пляшки на роликах.
 - S6: Контролює швидкість руху.
- Виконавчий механізм (BM4):
 - Активація приймального конвеєра для транспортування готової продукції.

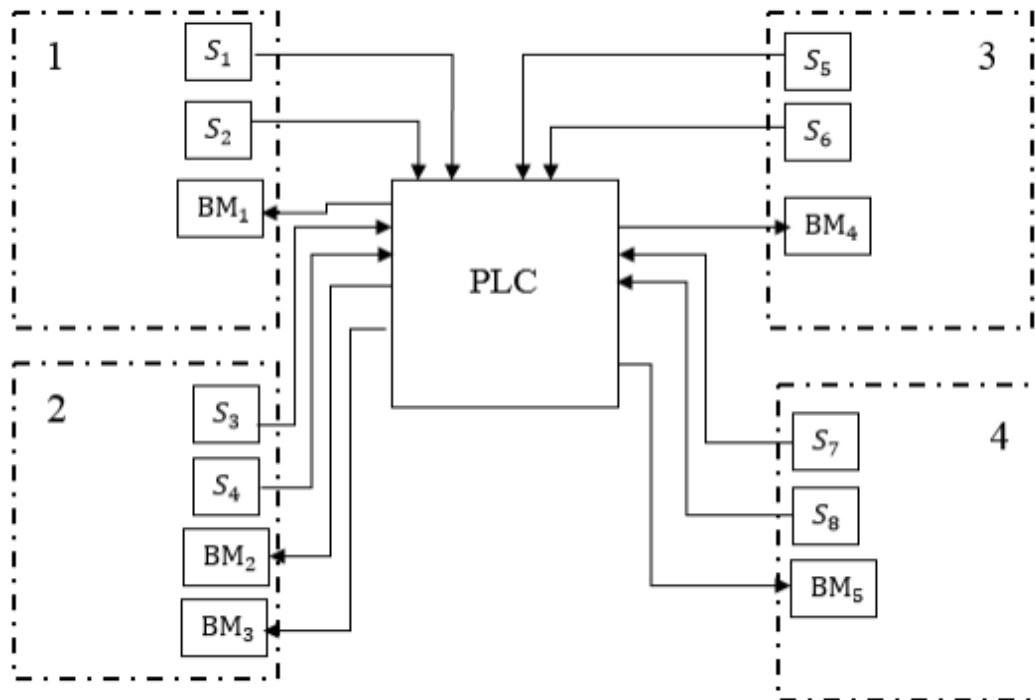


Рисунок 2.2 – Загальний вигляд схеми пакування

2.2.1 Опис функціональної схеми пакувальної системи

Головна система управління (ПЛК) відповідає за управління роботою лінії і складається з наступних функціональних блоків:

1. Блок подачі пустої тари (1) – дозволяє забезпечувати переміщення пустої пляшки до початкової позиції на основі інформації від сенсорів S_1 та S_2 . Подання пляшки припиняється виконавчим механізмом (BM_1) у момент її позиціонування.

2. Блок заповнення пляшки (2) - активує подачу рідини в пляшку до заливки рідини, що зчитується сенсорами S_3 та S_4 . Після цього наповнена пляшка опускається на фіксовані ролики за допомогою виконавчих механізмів (BM_2 та BM_3).

3. Фіксовані ролики (3) - лише наповнені пляшки переміщуються по фіксованих роликах, про що сигналізують сенсори S_5 та S_6 . Це супроводжується звуковим сигналом, а одночасно пляшка перебуває на фіксованих роликах, активуючи механізм (BM_4) на приймальному конвеєрі, де готова продукція підлягає подальшій обробці чи споживанню.

Фіксовані ролики:

- Конструкція:
 - можуть мати різний діаметр для регулювання швидкості руху (більший діаметр — вища швидкість);
 - використовуються для зміни напрямку руху (наприклад, V- або S-подібні конфігурації).
- Переваги:
 - забезпечують плавний рух пляшок;
 - зменшують ризик пошкодження тари.

Сенсори відстані:

- тип: ультразвукові;
- принцип дії: вимірювання відстані до об'єкта за часом повернення сигналу.
- застосування:
 - контроль позиціонування пляшок;
 - виявлення перешкод на конвеєрі.

Центральним елементом функціональної схеми є транспортно-накопичувальна система, яка забезпечує:

1. Безперервність технологічного процесу:
 - Синхронізацію роботи всіх функціональних блоків.
 - Мінімізацію простоїв між операціями.
2. Гнучкість конфігурації:
 - Можливість зміни маршруту руху тари за допомогою переналаштування роликів.
 - Адаптацію до різних типів упаковки (пляшки різних розмірів, пакети тощо).
3. Контроль якості:
 - Вбудовані сенсори (S7-S8) перевіряють цілісність тари перед подачею на наступний етап.

Система автоматично відхиляє дефектні одиниці у відстійник. Залежно від вимог продуктивності, функціональні блоки можуть бути реалізовані трьома способами, що відображені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Способи реалізації функціональних блоків

Спосіб реалізації	Переваги	Недоліки
Одна технологічна машина	Простота обслуговування	Обмежена продуктивність
Паралельне виконання	Висока пропускна здатність	Збільшені витрати на обладнання
Послідовне виконання	Оптимальне використання ресурсів	Ризик створення "вузьких місць"

Для підвищення надійності схема включає:

- Аварійні датчики: Фіксують перегрів механізмів або засмічення конвеєра.
- Механізми швидкого відключення:
 - BM5: Аварійний стоп-кран для зупинки всієї лінії.
 - BM6: Автоматичне відкриття обходного шляху для евакуації тари.

Функціональна схема інтегрується з SCADA для:

- Візуалізації стану кожного блоку (наприклад, "зелений" – норма, "червоний" – аварія).
- Формування звітів про продуктивність (кількість упакованих одиниць/годину, % браку).
- Дистанційного керування через операторський інтерфейс.

Функціональна схема є основою для створення ефективної автоматизованої лінії пакування [30, 31, 32].. Використання модульних функціональних блоків дозволяє швидко адаптувати систему до нових видів продукції. Ключові елементи для подальшого вдосконалення:

- впровадження AI для прогнозування збоїв.
- перехід на енергоефективні привідні механізми.

Рекомендації: проводити тестування кожної підсистеми окремо перед інтеграцією та розробити графік профілактичного обслуговування сенсорів і механізмів.

2.3 Вибір апаратної частини пакувальної лінії

Автоматизація виробничих процесів має критичне значення для ефективної діяльності підприємств. Основною перевагою автоматизації є підвищення продуктивності завдяки заміні ручної праці механізованими операціями, що забезпечує збільшення обсягів виробництва і зменшення простоїв обладнання. Автоматизовані системи сприяють досягненню високої якості продукції завдяки точному та повторюваному виконанню завдань, що мінімізує відхилення і забезпечує стабільність якості. Автоматизація також дозволяє своєчасно виявляти й усувати дефекти, що знижує рівень браку та підвищує надійність.

У сучасних повністю автоматизованих пакувальних лініях використовується широкий спектр допоміжних виконавчих механізмів, які функціонують у безперебійному режимі, зводячи до мінімуму вплив людського фактору. Для досягнення оптимальної автоматизації важливо залучати датчики, які дозволяють здійснювати контроль і управління функціонуванням механізмів.

Датчики є ключовими елементами автоматизованих систем, виконуючи функцію збору інформації про фізичні параметри об'єктів. У контексті пакувальних ліній, вони забезпечують точні дані про характеристики процесу, такі як розташування, форма, вага, температура, швидкість і наявність об'єктів. Розташування датчиків на ключових етапах пакувального процесу сприяє ефективній роботі системи. Отримані сигнали передаються до керуючих пристроїв для аналізу, що дозволяє системі оперативно реагувати на зміни, вносити корективи та забезпечувати якість продукції [33, 34, 35, 36].

Прикладом є оптичні сенсори, які виявляють об'єкти на конвеєрі, датчики тиску для моніторингу герметичності упаковки чи термодатчики, що контролюють температуру під час стерилізації. Використання таких датчиків оптимізує контроль процесу в режимі реального часу.

У розробці автоматизованої пакувальної лінії для рідких продуктів оптимальним рішенням є використання ультразвукових сенсорів відстані, які відзначаються високою точністю вимірювань та здатністю фіксувати незначні

зміни. Вони функціонують незалежно від кольору та текстури поверхні об'єкта, мають високу швидкодію та дозволяють проводити вимірювання незалежно від освітлення. Ультразвукові сенсори забезпечують універсальність і надійність, що робить їх незамінними у широкому спектрі застосувань.

2.3.1 Ультразвукові датчики відстані

Ультразвукові датчики відстані – це пристрої, що використовують ультразвукові хвилі для виконання високоточних вимірювань відстані до об'єктів. Їх застосування охоплює широкий спектр галузей. На рис. 2.3 показано типовий ультразвуковий датчик відстані.

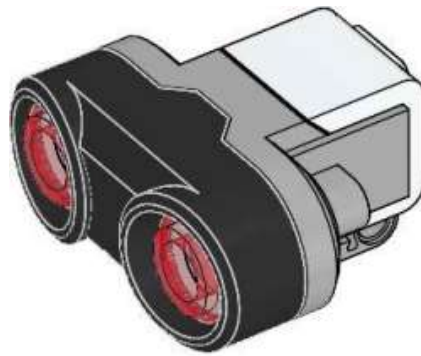


Рисунок 2.3 – Ультразвуковий датчик відстані

Основною перевагою ультразвукових сенсорів є їхня здатність забезпечувати високу точність вимірювань, включаючи виявлення навіть незначних змін відстані. Завдяки широкому діапазону вимірювань вони застосовуються для роботи з об'єктами різних розмірів і на різних відстанях. Деякі моделі сенсорів підтримують вимірювання в межах від декількох міліметрів до декількох метрів.

Унікальною характеристикою цих пристроїв є їхня нечутливість до кольору, текстури чи оптичних властивостей об'єкта, що вимірюється. Це забезпечує універсальність їх використання на різноманітних типах поверхонь без втрати точності вимірювань. Висока швидкодія сенсорів дозволяє проводити вимірювання в реальному часі, що є критичним для задач, які потребують

швидкого реагування, наприклад, у роботизованих системах або автоматизованого управління виробничими процесами [37, 38, 39, 40].

Ключовою перевагою є також незалежність від освітленості середовища, адже ультразвукові сенсори використовують звукові хвилі, які не піддаються впливу зовнішнього освітлення. Це дозволяє їх ефективно застосовувати за різних умов освітлення.

Ультразвукові сенсори працюють за принципом емісії і приймання ультразвукових хвиль. Вони генерують ультразвукові сигнали у внутрішньому джерелі, що можуть мати частоту в межах від кілогерц до мегагерц (залежно від моделі). Ці хвилі передаються у напрямку об'єкта, а після зіткнення з ним відбиваються й повертаються до сенсора у вигляді ехосигналів.

Час затримки між емісією хвилі і прийманням ехосигналу реєструється, що дає змогу за формулою "шлях = швидкість $\times$ час" обчислити відстань до об'єкта. Отримана інформація подається у зручних одиницях вимірювання, таких як метри чи сантиметри.

Сучасні сенсори оснащені вбудованими мікропроцесорами для обробки сигналів, компенсації температурних змін і корекції похибок. Незважаючи на переваги, їх чутливість до умов довкілля, як-от висока вологість чи вплив зовнішнього шуму, потребує додаткових заходів для забезпечення стабільності роботи.



Рисунок 2.4 – Принцип роботи ультразвукового сенсора

2.3.2 Ультразвуковий датчик відстані

Ультразвуковий датчик відстані функціонує за принципом використання ультразвукових хвиль, що використовуються для вимірювання відстані. Основна робота датчика включає наступні етапи:

1. Генерація сигналу: створення ультразвукових хвиль із високою частотою.
2. Відправлення сигналу: направлення ультразвукового хвильового сигналу до об'єкта.
3. Відбиття сигналу: зіткнення сигналу з поверхнею об'єкта та його відбиття.
4. Приймання сигналу: повернення відбитого сигналу до сенсора.
5. Вимірювання часу затримки: реєстрація часу між відправленням і прийманням сигналу.
6. Обчислення відстані: використання швидкості звукових хвиль для визначення відстані.
7. Виведення результату: представлення виміряної відстані як вихідних даних для подальшого аналізу чи управління.

Ультразвукові сенсори забезпечують високу точність вимірювань, незалежність від властивостей об'єкта (кольору, текстури) та ефективність роботи у різних умовах, включаючи низьке освітлення чи складне навколишнє середовище. Вони широко застосовуються у виробництві, робототехніці, медицині та автомобільній промисловості.

2.3.3 Електромагнітний клапан для регулювання потоку

Електромагнітний клапан (рис. 2.5) є ключовим компонентом автоматизованих систем розливу рідин. Його принцип роботи полягає у регулюванні потоку води через керування запірним механізмом. Етапи функціонування:

1. Подача електричного струму до котушки: створення магнітного поля, яке відкриває запірний елемент.

2. Протік води: у відкритому стані запірного механізму вода проходить через клапан.
3. Відключення струму: зникнення магнітного поля і повернення запірного елемента у вихідне положення.

Основні компоненти:

- Корпус: забезпечує фіксацію та правильне спрямування води.
- Запірний елемент: механізм відкриття/закриття потоку води.
- Електромагнітна котушка: створює магнітне поле для управління запірним елементом.
- Клапан керування: регулює подачу струму.
- Електромагнітні клапани характеризуються швидкістю, точністю, довговічністю та можливістю інтеграції в автоматизовані системи.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд електромагнітного клапана

2.3.4 Кінцевий вимикач

Кінцеві вимикачі використовуються для виявлення фізичного руху об'єктів шляхом контакту. Вони широко застосовуються у системах автоматизованого управління, зокрема роботизованих або ЧПК верстатах. Кінцевий вимикач визначає «домашнє» положення рухомих частин обладнання, що забезпечує точність їх позиціонування.

Кінцеві вимикачі, зображені на рис. 2.6, мають конструкцію контактів типу С, яка включає одночасно контакти форми А (нормально відкритий) та форми В (нормально закритий). Така конфігурація забезпечує гнучкість підключення в системах, де потрібні різні типи контактів.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд кінцевого вимикача

Зблизька розглянуто кілька кінцевих вимикачів, які використовуються у барабанному секвенсорі. Вимикачі оснащені окремими гвинтовими клемми, що забезпечують зручність підключення проводів.

2.4 Проектування блок-схеми роботи лінії

Етап проектування автоматизованої системи включає розробку її алгоритму роботи, що зазвичай виконується у вигляді блок-схеми [41, 42, 43].. Блок-схема є графічним представленням послідовності дій, які виконуються системою. Вона допомагає зрозуміти взаємодію компонентів, уточнити послідовність операцій, виявити проблеми та здійснити оптимізацію технологічного процесу перед його практичною реалізацією.

Автоматизована пакувальна лінія виконує функції:

- Ініціалізація ПЛК.
- Перевірка сенсорів на кожній операції.
- Визначення положення пляшки кінцевим вимикачем.
- Очікування (0.5 с), наповнення пляшки, доки ультразвуковий

сенсор не фіксує завершення процесу.

- Сигналізація про завершення наповнення.
- Пауза (0.7 с) перед доставкою наступної пляшки.

Блок-схема алгоритму роботи лінії наведена на рисунку 2.7.

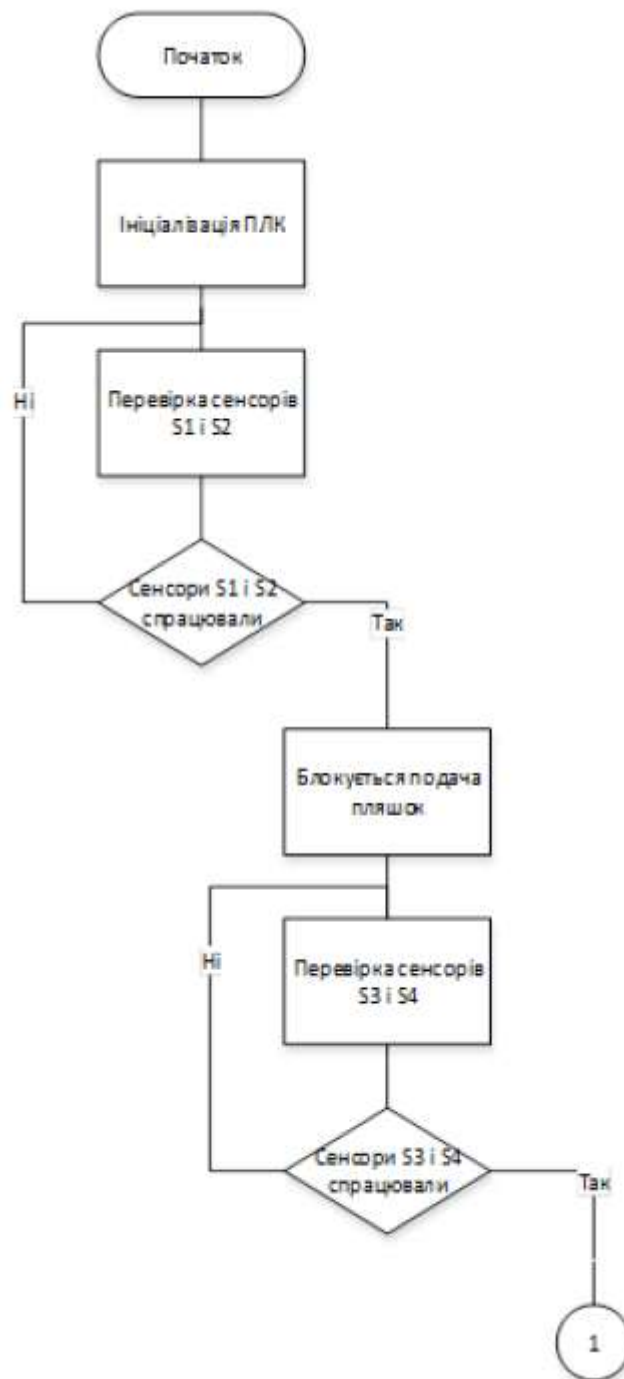
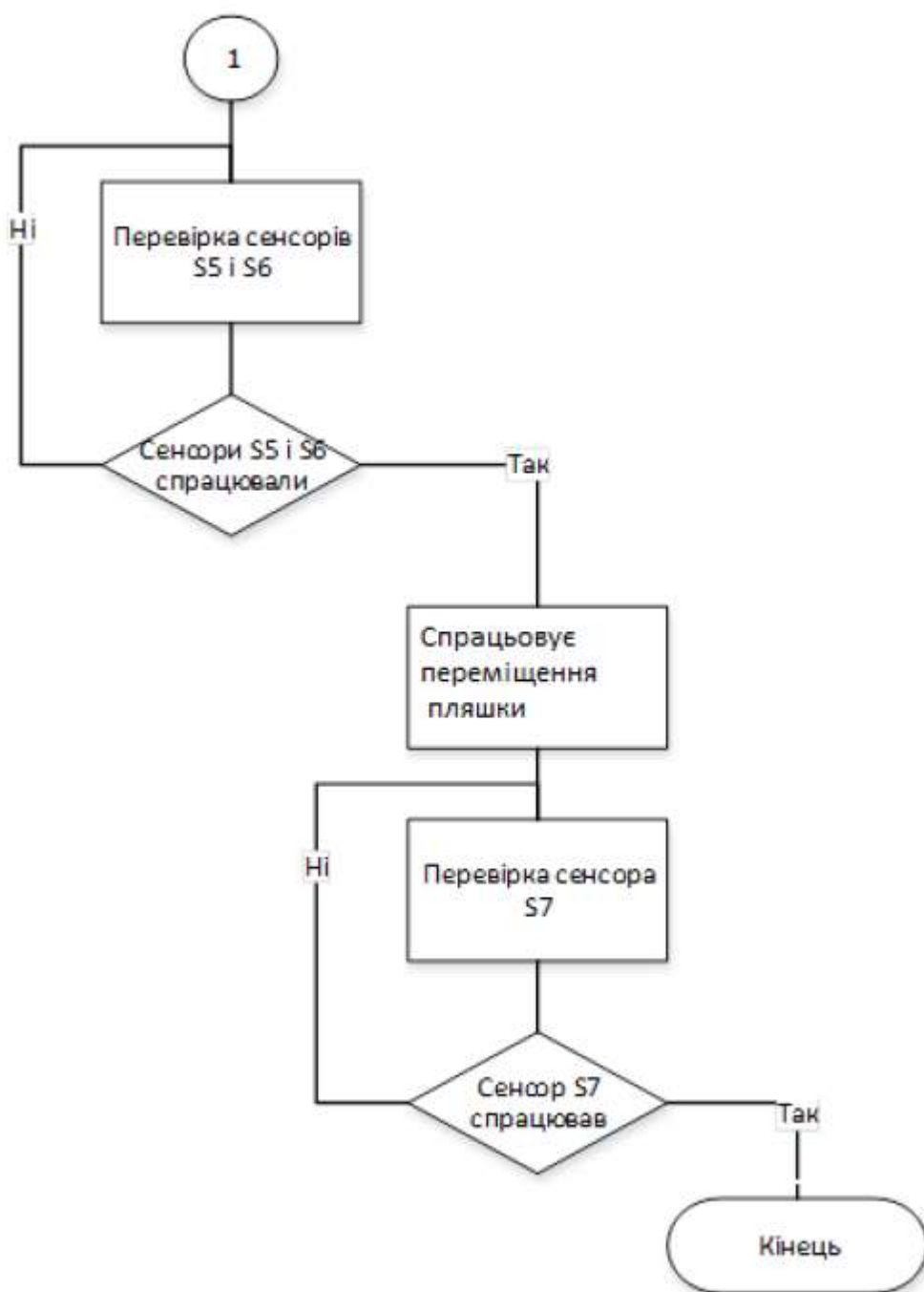


Рисунок 2.7 - Блок - схема алгоритму роботи лінії

Продовження рисунку 2.7



3. ПРОГРАМНА РЕАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ РОЗЛИВУ

3.1 Обґрунтування вибору програмованого логічного контролера

Програмований логічний контролер (ПЛК) є центральним компонентом у функціонуванні пакувальної системи. Використання ПЛК забезпечує:

1. Керування устаткуванням: контроль механізмів конвеєра, розливної машини та дозувальними пристроями.
2. Управління процесом фасування: виконання операцій за заданими параметрами.
3. Моніторинг: виявлення несправностей, аналіз параметрів (температура, об'єм, швидкість тощо).
4. Гнучкість: налаштування для різних видів продукції з можливістю переналаштування.

У межах роботи розглядаються контролери Siemens, такі як SIMATIC S7-1200, S7-1500, LOGO!, які надають високий рівень надійності, програмованість та широкий функціонал.

Компанія Siemens славиться своєю якістю та надійністю у сфері автоматизації, і логічні модулі серії LOGO! не є винятком. Висока надійність та довговічність цих пристроїв роблять їх ефективними для керування і контролю невеликих автоматизованих систем [44, 45]. Завдяки простоті використання та гнучкості, вони стали популярним вибором серед інженерів і операторів.

3.1.1 Основні характеристики LOGO! 0BA7

Модулі серії LOGO! 0BA7 від Siemens - це компактні програмовані логічні контролери, призначені для автоматизації малих і середніх процесів у різних галузях промисловості.

1. Керування введеннями/виведеннями: Модулі мають вбудовані цифрові та аналогові введення/виведення, що дозволяє їм взаємодіяти з

датчиками та актуаторами. Для розширення функціональності передбачена підтримка модулів розширення.

2. Програмування: для програмування модулів LOGO! 0BA7 використовується спеціалізоване програмне забезпечення LOGO! Soft Comfort, яке забезпечує розробку логічних схем і програм для автоматизованих процесів.

3. Вбудовані функції: Пристрої мають вбудовані таймери, лічильники, арифметичні операції та логічні блоки для реалізації складної логіки керування.

4. Комунікація: протоколи комунікації, що підтримує LOGO! 0BA7, зокрема RS485, Ethernet та бездротові модулі, що сприяє сумісності з іншими системами.

5. Гнучкість: Модулі можна розширювати за допомогою додаткових функцій залежно від потреб конкретної системи.

3.1.2 Основні блоки LOGO! 0BA7

1. Контролер (CPU): Процесор із пам'яттю для зберігання програм та обробки логіки.

2. Введення/виведення: Підтримує цифрові й аналогові сигнали для зчитування станів датчиків і керування пристроями, такими як реле чи клапани.

3. Клавiші та дисплей: Вбудовані клавiші дозволяють користувачам налаштовувати параметри й відслідковувати стан системи без підключення до ПК.

4. Комунікаційні інтерфейси: Забезпечують зв'язок із мережами й іншими пристроями.

3.1.3 Будова контролера LOGO! 0BA7

На рис. 3.1 представлено будову контролера LOGO! 0BA7. Модулі LOGO! 0BA7 пропонують компактність, простоту й широку функціональність, що робить їх ідеальним вибором для автоматизації.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд контролера Siemens LOGO! 0BA7

3.2 Обґрунтування вибору середовища програмування та налаштування

3.2.1 Характеристика LOGO! Soft Comfort

LOGO! Soft Comfort — спеціалізоване середовище програмування, розроблене для роботи з логічними модулями серії LOGO! від Siemens. Воно забезпечує простий та ефективний інструментарій для створення, тестування та налагодження програм автоматизації.

3.2.2 Особливості LOGO! Soft Comfort:

1. Інтуїтивний інтерфейс: Простий у освоєнні, навіть для користувачів без досвіду у програмуванні.
2. Графічне програмування: Можливість створення логіки керування через блок-схеми.
3. Симуляція програм: Перевірка коректності роботи програм без необхідності фізичного підключення.
4. Сумісність з іншими системами: Можливість взаємодії з різними автоматизованими системами.

Підтримувані платформи:

1. Windows 10: Повна підтримка платформи.

2. Windows 7: Сумісність із застарілими версіями ОС.
3. Windows Vista: Часткова підтримка платформи.

3.2.3 Можливості та налаштування пакету LOGO! Soft Comfort

LOGO! Soft Comfort підтримує два режими роботи:

- Автономний режим: Розробка, тестування та документування програм без підключення до контролера.
- Інтерактивний режим: Взаємодія з контролером LOGO! через різні інтерфейси.

Методи підключення до контролера LOGO! 0BA7:

1. Локальне підключення:
 - Через Ethernet-порт модуля.
2. Дистанційне підключення:
 - Через мережу Ethernet.
3. Модемний зв'язок: Використання 11-розрядних модемів (наприклад, INSYS Modem 336 4 1)

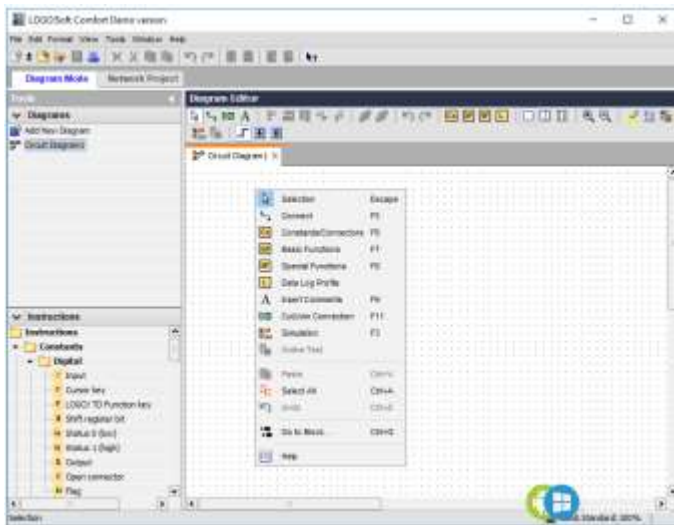
3.2.4 Налаштування LOGO! Soft Comfort

Середовище LOGO! Soft Comfort пропонує ряд налаштувань, які сприяють зручності роботи користувача:

1. Вибір мови інтерфейсу: Дозволяє користувачеві обрати мову для роботи з програмою, що спрощує її освоєння.
2. Налаштування з'єднання: Підтримує встановлення зв'язку з контролерами через USB, Ethernet або COM-порт, а також налаштування швидкості передачі даних.
3. Організація інтерфейсу: Дозволяє налаштувати розташування елементів програми, таких як панелі інструментів, палітри тощо.
4. Параметри проекту: Налаштування часових інтервалів, змінних, конфігурації введення/виведення.
5. Друк програм: Можливість налаштування параметрів друку, зокрема

колірності та форматування.

Програмне забезпечення дозволяє розробити комутаційну програму за допомогою графічної панелі (рис. 3.2) із зручними інструментами для навігації.



1. Панель меню
2. Стандартна панель інструментів
3. Інтерфейс програмування
4. Вікно інформації
5. Рядок стану
6. Постійні та з'єднувачі
7. Панель програмування

Рисунок 3.2 – Загальний вигляд панелі управління LOGO! Soft Comfort

3.2.5 Розробка функціональних блоків

Після заповнення проектних даних (рис. 3.3), блоки вводяться на панелі програмування. Етапи:

1. Розташування блоків входів, виходів і функцій (рис. 3.4).
2. Створення логічних зв'язків між блоками, відповідно до таких правил:
 - Один вихід може підключатися до кількох входів.
 - Вхід і вихід не можуть з'єднуватися безпосередньо (рекурсія).
 - Аналогові входи/виходи не поєднуються з дискретними.

3.2.6 Схема з'єднання функціональних блоків

Функціональні блоки з'єднуються один з одним за допомогою з'єднувальних ліній, як показано на рис. 3.5. При з'єднанні, лінія проводиться від виходу одного блоку до входу іншого, що дозволяє наочно визначати, які піни сполучені. Такий підхід забезпечує чітку індикацію з'єднань, що особливо корисно при роботі з різноманітними пінами функціональних блоків.

Після завершення програмування усі з'єднання перевіряються на

коректність, а функціональні блоки налаштовуються з урахуванням необхідних параметрів.



Рисунок 3.3 – Меню створення нового проекту

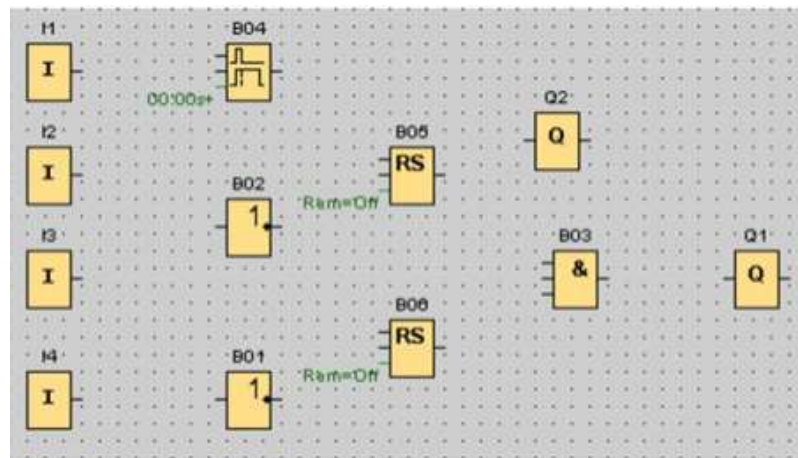


Рисунок 3.4 – Вибір блоків на мові FBD

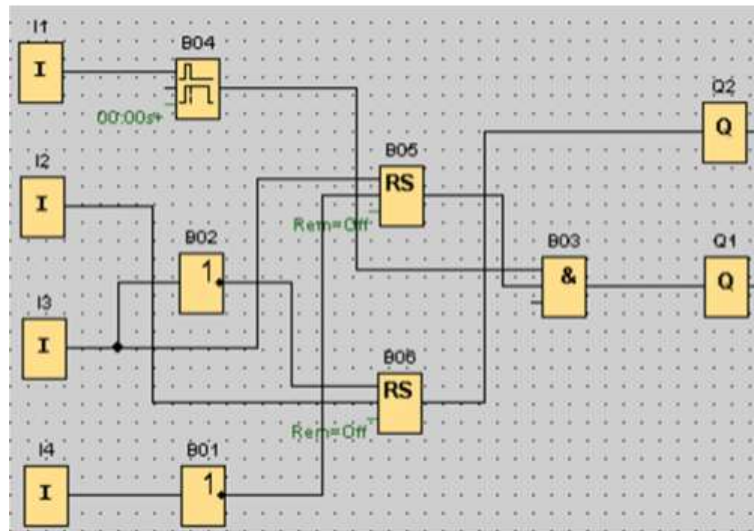


Рисунок 3.5 – Схема з'єднання блоків

На рис. 3.6 представлено вікно розробки програмного забезпечення:

1. Створення програмного забезпечення.
2. Тестування програми за допомогою симулятора.
3. З'єднання з контролером і проведення онлайн-тестування.
4. Виведення програми у вигляді документації.

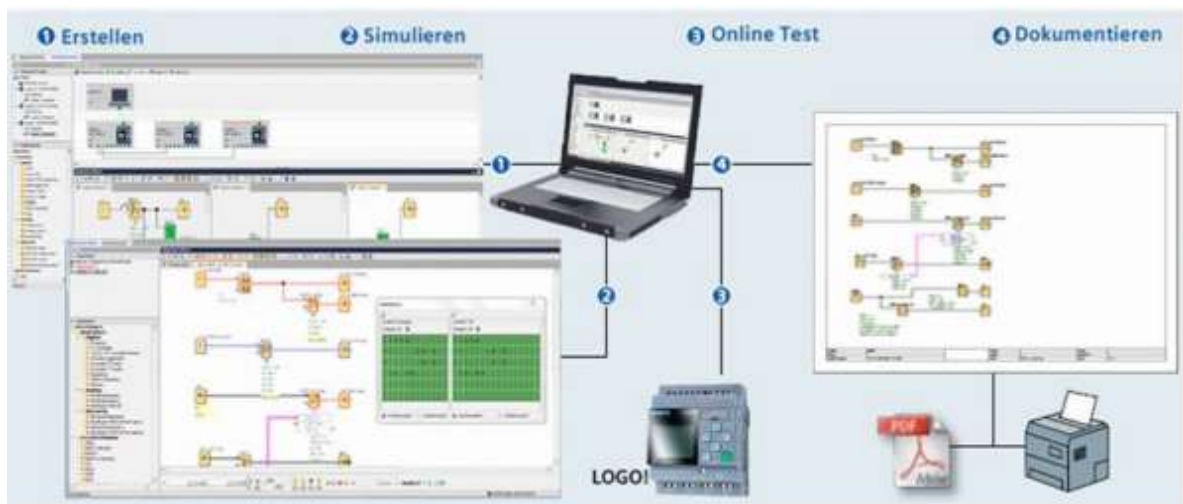


Рисунок 3.6 – Схема розробки ПЗ

Після тестування програми можливе внесення додаткових налаштувань, зокрема, перевірка роботи системи за відключення живлення або тестування датчика тиску та плавкострумових перемикачів. Функції входів можна змінити,

якщо для тестування необхідно використовувати перемикачі замість кнопок.

Перед завантаженням програми на контролер здійснюється фінальне збереження через меню "Проект". Програмі задається унікальна назва, вибирається директорія для збереження, а також може бути встановлений пароль для захисту. Останнім етапом є перенесення програми на картку пам'яті для подальшого використання в контролері.

3.3 Процес створення програмного забезпечення

Розробка програми для автоматизованих систем передбачає створення програм за допомогою спеціальних засобів, які забезпечують зручний інтерфейс для програмістів. Завдяки цьому процес програмування стає швидшим, надійнішим та простішим.

Переваги автоматизованого програмування:

1. Використання графічних інтерфейсів, блок-схем та спеціалізованих мов спрощує створення програм із великою кількістю функцій.
2. Зручність підтримки та модифікації програмного коду.
3. Можливість перенесення програм між пристроями для масштабування систем.
4. Швидка реакція системи на події та забезпечення точності роботи в реальному часі.

Використання програмованих логічних контролерів (ПЛК) забезпечує ефективну обробку сигналів, гнучку адаптацію системи до конкретних вимог, а також безпеку та надійність. Кожен логічний елемент виконує певну функцію на основі вхідних сигналів і взаємодіє з іншими елементами для створення складних логічних схем.

Програмування ПЛК передбачає:

- Використання логічних операцій (AND, OR, NOT).
- Роботу з дискретними та аналоговими сигналами.
- Застосування таймерів, лічильників та інших часових функцій.

- Наявність механізмів обробки помилок та виключень для забезпечення надійності.

Розроблене програмне забезпечення відповідає за повне функціонування пакувальної лінії, включаючи керування сенсорами, виконавчими пристроями та мережевими з'єднаннями. Загальна схема роботи наведена на рисунку 3.7.

Приклад опису роботи програми: Вхідні сигнали, отримані від сенсорів, визначають наявність пляшки на певній позиції. Вихідні сигнали активують механізми, які подають пляшки у потрібному напрямку. Для реалізації цієї логіки використовуються як логічні, так і часові функції.

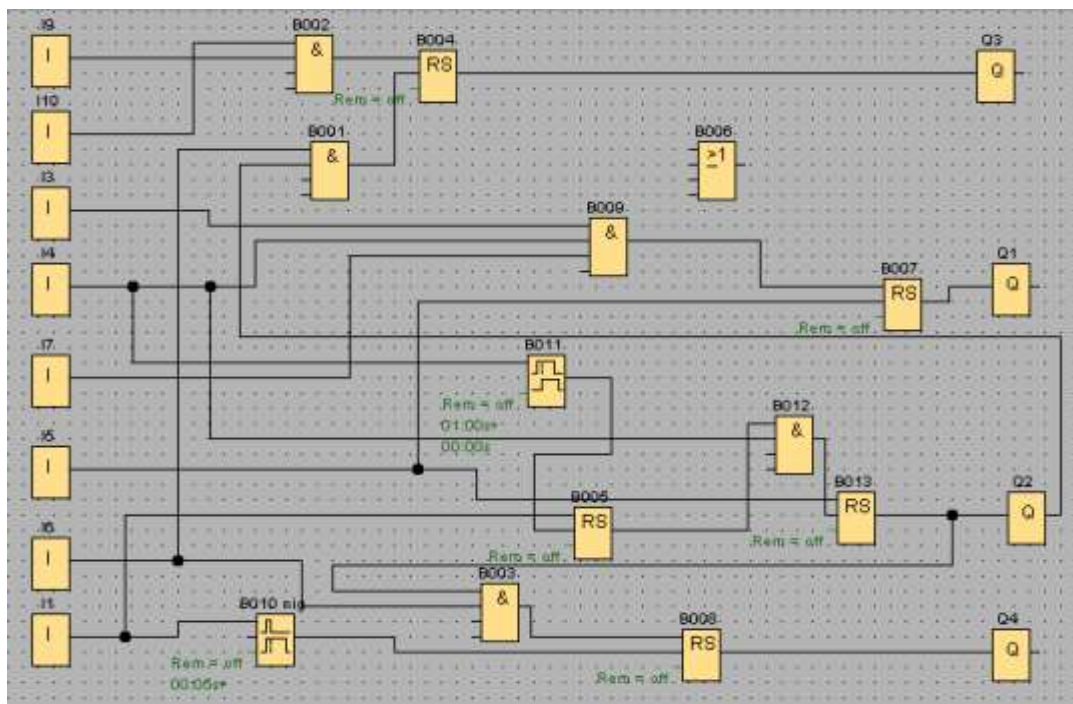


Рисунок 3.7 – Схема пакувальної лінії

Логічні умови для подачі пляшок. Програма визначає логічні умови, за якими активується процес подачі пляшки. Наприклад, за наявності пляшки на вході і виконанні заданих умов, вихідний сигнал активується, запускаючи процес подачі пляшки. Враховуючи всі можливі сценарії роботи, важливо забезпечити правильну і надійну роботу системи.

Ретельне тестування програми гарантує ефективність автоматичної системи фасування пляшок. На рис. 3.8 показано модуль, що відповідає за управління блоком подачі порожніх пляшок. Кожний сенсор на входах виконує специфічну функцію.

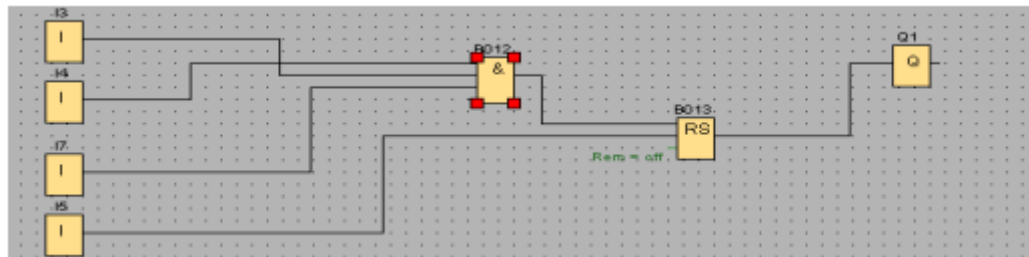


Рисунок 3.8 – Схема керування блоком подачі пляшок

Функції входів сенсорів:

- I3 – сенсор відкритої заслонки (забезпечує подачу пляшки з конвеєра).
- I4 – кінцевий вимикач висунутої пляшки (вказує, що пляшка не висунута).
- I5 – кінцевий вимикач висунутої пляшки (вказує, що пляшка висунута).
- I7 – сенсор закритого блокування пляшок (забороняє подачу пляшок із конвеєра).

На рис. 3.9 показано модуль програми, що відповідає за процес наповнення пляшки. Для реалізації цього блоку використовуються сенсори на таких входах:

- I4 – сенсор наявності порожньої пляшки на фіксованих роликах.
- I5 – нижній сенсор рівня рідини в пляшці.
- I6 – сенсор початку процесу наповнення пляшки.
- I7 – сенсор заповнення пляшки.
- I1 – верхній сенсор рівня рідини в пляшці.

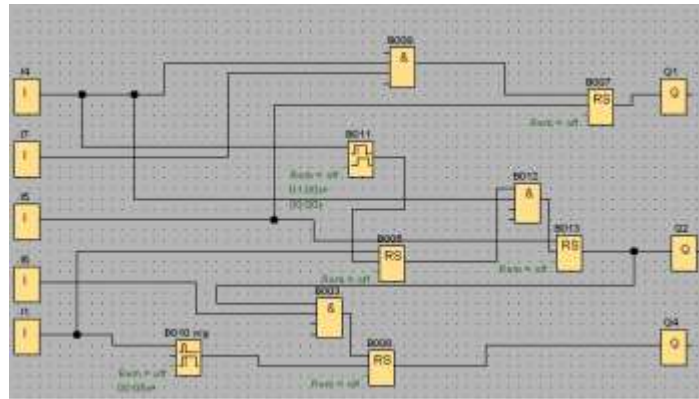


Рисунок 3.9 – Блок - схема блоку наповнення пляшки

На рис. 3.10 представлено модуль програми для перенесення наповненої пляшки. Для цього модуля використовуються такі сенсори:

- I9 – сенсор перевірки нижнього рівня рідини в пляшці.
- I10 – сенсор перевірки верхнього рівня рідини в пляшці.
- I3 – сенсор відкритої заслонки (активується для висунання пляшки).
- I4 – кінцевий вимикач висунутої пляшки (вказує, що пляшка не висунута).
- I5 – кінцевий вимикач висунутої пляшки (вказує, що пляшка висунута).
- I7 – сенсор закритого блокування пляшок (блокування подачі пляшок з конвеєра).

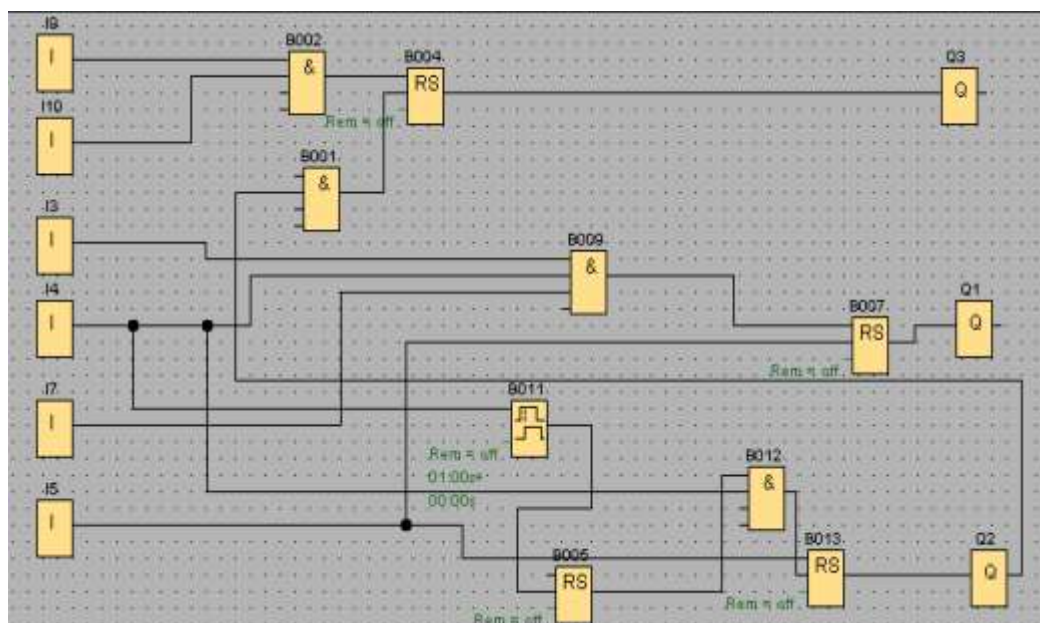


Рисунок 3.10 – Блок - схема блоку заслонки і блокування пляшок

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Аналіз потенційних небезпек та шкідливостей виробничої сфери

В процесі праці людина вступає у взаємодію з предметами праці, засобами виробництва, іншими людьми. Крім того, на неї впливають параметри виробничої обстановки, в якій відбувається праця – температура, вологість і рух повітря, шум, вібрація, шкідливі речовини, різні випромінювання і т. п. Все це в сукупності характеризує певні умови, в яких відбувається праця людини. Від умов праці в великій степені залежать здоров'я та працездатність людини, її відношення до праці і результатів праці. При поганих умовах різко знижується продуктивність праці та створюються передумови для виникнення травм і професійних захворювань.

Якщо праця є умовою існування суспільства і людини (тобто однією з умов збереження і зміцнення суспільного та індивідуального здоров'я), то конкретні види праці, які здійснюються в певних умовах виробництва, можуть у деяких випадках негативно позначитися на стані здоров'я тих, хто працює.

Серед виробничих факторів прийнято розрізняти шкідливі фактори і небезпечні фактори. Небезпечним називається виробничий фактор, дія якого на працюючого в певних умовах призводить до травми чи раптового різкого погіршення здоров'я. Якщо ж виробничий фактор призводить до захворювання чи зниження працездатності, то його вважають шкідливим. В залежності від рівня і часу дії шкідливий виробничий фактор може стати небезпечним.

Розподіл робіт за категоріями проводиться органами охорони здоров'я на підставі гігієнічної класифікації умов праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу, а також за прийнятими категоріями оцінки умов праці.

До групи шкідливих виробничих факторів трудового процесу належать фізичні перевантаження (статичні, динамічні), нервово-психічні перевантаження (розумове перенапруження, перенапруження органів чуття, монотонність праці,

емоційні перевантаження).

Трудовий процес здійснюється в певних умовах виробничого середовища. Це сукупність факторів фізичної, хімічної, біологічної природи, що діють на людину разом із соціально-економічними факторами в процесі її трудової діяльності. Виробниче середовище і фактори трудового процесу, які ще називають психофізіологічними факторами, становлять в сукупності умови праці.

До найважливіших шкідливих фізичних факторів відносяться: підвищена запиленість повітря робочої зони, мікроклімат виробничих приміщень, підвищений рівень інфрачервоної радіації, підвищений рівень ультрафіолетової радіації, підвищений рівень вібрації, шуму, інфра- та ультразвуку на робочому місці, підвищений чи знижений барометричний тиск, підвищений рівень іонізуючого і/чи електромагнітного випромінювання в робочій зоні, підвищена напруженість електричного і/чи магнітного полів, підвищений рівень статичної електрики, небезпечний рівень напруги в електричному колі, при замиканні якого струм може пройти через тіло людини, підвищена чи знижена іонізація повітря, фактори, які визначають умови роботи зору (відсутність чи брак природного світла, недостача чи великі перепади освітлення робочої зони, підвищена яскравість світла, пряма та відбита близькість, знижена контрастність, підвищена пульсація потоку світла).

Призводить до травм незадовільний стан виробничого середовища, зокрема недостатня освітленість робочого місця, наявність відблисків й значних перепадів у рівнях освітленості робочих та навколишніх предметів, значна запиленість повітря, через що забруднюються зашклені поверхні стін та ліхтарів споруди, знижується природна освітленість. Дослідження показали, що на продуктивність праці великою мірою впливає освітленість робочих місць на виробництві, а також правильна організація робочого місця та правильно підібраний колір стін і стелі виробничого приміщення. Наприклад, природнє освітлення збільшує продуктивність праці до 10%. Однак при роботі з комп'ютерами пряме сонячне проміння викликає збільшення контрастності оточуючих предметів, що розсіює увагу і посилює втомлюваність організму.

Якщо виробничий шум перевищує допустимі рівні, то знижується продуктивність праці на 3-15% і навіть в деяких випадках до 20%, в залежності від його рівня, виду виконуваної роботи та інших факторів. Чим напруженіша праця, тим сильніший негативний вплив шуму на її продуктивність.

Для підвищення працездатності поряд з покращенням умов праці велике значення має встановлення раціональних, науково обґрунтованих режимів праці та відпочинку.

Таблиця 4.1 – Потенційно небезпечні виробничі фактори

Виробничий об'єкт	Небезпечний фактор (технологічна операція)	Діапазон	Фактичне значення	Нормативне значення
ЕОМ	Видимий діапазон	320 – 400 нм 400 – 700 нм	2,5 Вт/м ² 3 Вт/м ²	10.0 Вт/м ²
	ІЧ випромінювання	700 нм – 1 мм	5.0 Вт/м ²	100.0 Вт/м ²
	Яскравість		90 кД/м ²	Не менше 35 кД/м ²

Більшість вчених вважають, що як короточасний, так і тривалий вплив усіх видів випромінювання від екрана монітора не небезпечно для здоров'я персоналу, що обслуговує комп'ютери. Однак вичерпних даних щодо безпеки впливу випромінювання від моніторів на працюючих з комп'ютерами не існує і дослідження в цьому напрямку продовжуються.

Максимальний рівень рентгенівського випромінювання на робочому місці оператора комп'ютера звичайно не перевищує 10 мкбер/год, а інтенсивність ультрафіолетового й інфрачервоного випромінювань від екрана монітора лежить у межах 10...100 мВт/м².

Для зниження впливу цих видів випромінювання рекомендується застосовувати монітори зі зниженим рівнем випромінювання, встановлювати захисні екрани, а також дотримуватися регламентованих режимів праці і відпочинку.

4.2 Забезпечення нормальних умов праці

Забезпечення здорових і безпечних умов праці у виробничій сфері досягається при проектуванні за рахунок дотримання діючих нормативних документів, а для існуючих об'єктів – шляхом порівняння фактичних значень з нормативними і при виявленні відхилень розробкою та впровадженням заходів щодо створення умов праці згідно вимог нормативних документів.

При високій температурі повітря понижується увага, з'являється поспішливість і необачність; при низькій – зменшується рухомість кінцівок внаслідок інтенсивної тепловіддачі організму. Впливає на тепловіддачу організму і вологість повітря: нормально при температурі біля 18⁰ С вологість повинна знаходитися в межах від 35 до 70%. При меншій відносній вологості повітря рахується сухим, при більшій – з підвищеною вологістю. Це негативно впливає на організмі людини. Сухе повітря приводить до підвищеного випаровування і внаслідок цього з'являється сухість слизових оболонок і шкіри. Дуже вологе повітря, навпаки, послаблює випаровування.

При роботі з ЕОМ слід, наскільки можливо, зменшити засліпленість від прямого та відбитого блищання, відмежуватися від постійної пульсації зображення, які посилюють загальну і зорову втому. Необхідно забезпечити як кількісні, так і якісні параметри освітлення.

Рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях повинні відповідати вимогам ГОСТ 12.1.003-83 „Шум. Загальні вимоги безпеки”. Рівні звуку у приміщеннях та у машинному залі – 65 дБА рекомендується забезпечити рівень шуму не більше 75 дБА.

Дані про характеристики метеорологічних умов у виробничих приміщеннях наводяться в таблиці 4.2.

Для створення та підтримання необхідних санітарно-гігієнічних умов виробничих приміщень застосовується опалення та вентиляція, характеристика яких наводиться в таблиці 4.3. Нормативна зорова робота передбачає створення

на робочих місцях освітлення згідно санітарних норм і правил, значення наводяться в таблиці 4.4.

При недостатньому природньому освітленні використовують загальне освітлення – при якому в денний час використовується одночасно природне і штучне освітлення.

Таблиця 4.2 – Нормативні характеристики метеорологічних умов у виробничих приміщеннях

Виробниче приміщення	Категорія Робіт	Період року	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Приміщення застосування приладу	Іа - легка	Теплий	23 – 25	40 – 60	0,1 (не більше 0,2)
		Холодний	22 – 24	40 – 60	0,1 (не більше 0,2)

Таблиця 4.3 – Характеристика системи вентиляції

Виробниче приміщення	Вид вентиляції	Вентиляційне обладнання	Кратність повітрообміну, 1/год
Приміщення застосування приладу	Механічна місцева	Кондиціонери повного кондиціювання повітря Samsung	2

Штучне освітлення застосовується для освітлення робочих поверхонь в темний період доби чи при недостатньому природньому освітленні. Створюється воно штучними джерелами світла (лампами).

Таблиця 4.4 – Характеристика штучної освітленості робочих місць

Виробниче приміщення	Освітленість, Лк				Тип світильників
	Загальна	Комбі-нована	Аварійна	Евакуаційна	
Приміщення застосування приладу	400	–	–	–	ЛПО з ЛБ-80

4.2.1 Заходи щодо збереження працездатності та профілактики загальних і зорових порушень

Рекомендації полягають в наступному:

- у дисплейних класах температура повітря повинна становити 19-21°C, відносна вологість повітря 55-65%, швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с, відповідно до вимог “Санітарних норм мікроклімату виробничих приміщень” №4088 - 86 для категорій робіт 1а - 1б;

- рівні звуку та еквівалентні рівні звуку у приміщеннях, де працюють математики-програмісти та оператори ЕОМ, які працюють з ЕОМ, не повинні перевищувати 50 дБА, а на робочих місцях у приміщеннях, де розташовані шумні агрегати обчислювальних машин, рекомендується забезпечити рівень шуму не більше 75 дБА.

Необхідне проведення комплексу заходів щодо боротьби зі статичною електрикою. Найбільш допустимим і простим способом є підтримання відносної вологості повітря на рівні 55-65%, що можна забезпечити з допомогою побутових зволожувачів, типу “ІОН”. Підлоги в дисплейних класах мають бути застелені антистатичним лінолеумом. Програмістам та операторам можна рекомендувати носити одяг, особливо першого шару, з натуральних матеріалів. Всі полімерні покриття (чохли) ЕОМ слід складати у найбільш віддаленому від операторів місці

приміщення.

Враховуючи специфіку зорової роботи з ВДТ, першочерговим завданням є забезпечення необхідних умов візуальної роботи користувачів ЕОМ за рахунок найкращого розподілу яскравостей у полі зору працюючого та максимально можливого зменшення засліпленості від прямого і відбитого блищання та відмежування від постійної пульсації зображення на ВТ та інших перешкод, які посилюють загальну та зорову втоми. Необхідно забезпечити як кількісні, так і якісні параметри освітлення. Для цього слід перш за все правильно вибрати приміщення.

4.2.2 Вибір приміщення

При виборі приміщення для РМ і ВТ необхідно враховувати, що вікна можуть давати відблиски на екранах дисплеїв і викликати значну засліпленість у сидячих перед ними, особливо влітку та в сонячні дні.

Для розміщення РМ і ВТ найбільш придатні приміщення з одnobічним розміщенням світлових отворів, які обов'язково мають бути обладнані сонцезахисними пристроями: шторами, жалюзі і т. д. Площа засклення не повинна перевищувати 25% від площі стіни з вікнами. Для мінімізації засвічування від сонячних променів екранів ВТ вікна мають бути орієнтовані на північ (північний захід, північний схід).

Необхідно забезпечити відповідне оформлення інтер'єра, бо давати відблиски на екранах і сліпити працюючих можуть не тільки вікна, але й інші поверхні великої яскравості, у тому числі стеля, стіни, поверхні столів, шаф і навіть одяг персоналу. Тому все повинне мати невисокі коефіцієнти віддзеркалення. Світлий і особливо блискучий одяг працюючих вкрай небажаний. Коефіцієнти віддзеркалення робочого стола, корпусу та клавіатури ВТ необхідно передбачити в межах 0,2 - 0,5, стелі – 0,6 - 0,7, стін – 0,2 - 0,5, підлоги – 0,1 - 0,2, шаф та стелажів – 0,25 - 0,35. Всі оздоблювальні матеріали приміщення повинні бути матовими.

4.2.3 Гігієнічні та світлотехнічні рекомендації

Система освітлення має бути загальною і загально локалізованою. Вибір типу світильника за світлорозподілом та способом розміщення світильників у приміщенні залежить від висоти приміщення, розташування РМ у приміщенні та від їх кількості.

РМ з ВТ слід розміщувати рядами, паралельними до стіни з вікнами, таким чином, щоб площа екрану ВТ була перпендикулярною площині вікон. Найбільш оптимальними є світильники навкісного світла. Це – дзеркальні світильники з параболо-циліндричними відбивачами. З відповідних вітчизняних світильників можна рекомендувати для освітлення люмінесцентні дволампові дзеркальні світильники з решіткою типу ЛПО-12-Кососвет, люмінесцентні дволампові дзеркальні світильники з решіткою типу ЛСП-12-Кососвет.

Світильники мають бути розташовані над проходами між рядами РМ суцільною лінією або з проміжками залежно від кількості світильників у лінії, необхідної для забезпечення на РМ нормованої освітленості.

Однією з умов профілактики функціональних професійних порушень, збереження здоров'я та працездатності програмістів є фізіологічно обгрунтована організація праці.

Для профілактики порушень та підтримання працездатності необхідно дотримувати регламентовані перерви для відпочинку. У період роботи за дисплеєм у режимі праці та відпочинку необхідно передбачити через кожні 40-45 хвилин трихвилинні та п'ятихвилинні перерви для відпочинку. Середня сумарна тривалість роботи з відеотерміналом за день не повинна перевищувати 4 годин, а за тиждень – 20 годин.

Сумарну тривалість роботи з відеотерміналом (4 години) краще розподілити на дві частини і працювати по 2 години у першу та другу половини робочого дня. При використанні захисних засобів час роботи з ВДТ може бути збільшеним.

У період виконання трудового процесу у програмістів значно знижена

загальна м'язова активність при локальному напруженні кистей рук. Для зниження монотонності в роботі перерви для відпочинку необхідно супроводжувати гімнастичними вправами для підтримання загального м'язового тону, а також профілактики кістково-м'язових порушень у поперековому відділі хребта.

Для кистей рук необхідно робити спеціальні вправи. Раз на день рекомендується виконання комплексу вправ гімнастики для очей.

Рекомендації враховані при розробці вимог, які увійшли до “Санітарних норм та вимог при роботі з візуальними дисплейними терміналами”. Зараз вони знаходяться на затвердженні в Міністерстві охорони здоров'я.

Впровадження рекомендацій значно знизить скарги користувачів ЕОМ на втому і запобігатиме розвитку загальних і зорових порушень.

4.3 Розрахунок напруги дотику

Оскільки пристрій може використовуватись у приміщеннях і жити безпосередньо від електромережі то виникає можливість ураження електричним струмом. Для запобігання таким випадкам рахуємо напругу дотику не струмопровідної частини пристрою, що опинилась під напругою.

$$u_{\partial} = \varphi_p + \varphi_n \quad (4.1)$$

де u_{∂} - напруга дотику;

φ_p - потенціал руки;

φ_n - потенціал ноги.

Потенціал руки φ_p чисельно дорівнює потенціалу корпусу або напрузі відносно землі u_z .

$$\varphi_p = u_z = \frac{I_z \cdot \rho}{2\pi \cdot x_z}$$

де I_z - струм замикання на землю;

ρ - питомий електричний опір ґрунту;

x_3 - відстань від центру електроду.

По мірі віддалення від заземлювача напруга дотику зростає і стає рівною напрузі відносно землі, $\varphi_y = 0$.

$$u_{\partial} = u_3 - 0.$$

Якщо у виразі (4.1) підставити значення потенціалів, то отримаємо, що напруга дотику до заземленої не струмопровідної частини приладу визначається з такого виразу

$$u_{\partial} = \frac{I_3 \cdot \rho}{2\pi \cdot x_3} \cdot \frac{x - x_3}{x}, \quad (4.2)$$

де x - радіус заземлювача.

$$\text{Зробимо перепозначення: } \alpha_1 = \frac{x - x_3}{x},$$

де α_1 - коефіцієнт напруги дотику, $\alpha_1 \leq 1$.

З виразу (4.2) можна обрахувати напругу дотику без врахувань електричних опорів в ланці. Повний опір ланки людини складає:

$$R_{ch} = R_h + R_{вз} + R_n = R_h / \alpha_2.$$

Звідки

$$\alpha_2 = \frac{R_h}{R_{ch}} = \frac{R_h}{R_h + R_{вз} + R_n}, \quad (4.3)$$

де R_h – опір людини, $R_h = 1000$ Ом;

$R_{вз}$ – опір взуття, $R_{вз} = 100000$ Ом;

R_n – опір підлоги, $R_n = 168 \cdot 10^4$ Ом.

Напруга дотику з врахуванням додаткових опорів визначається з такого виразу:

$$u_{\partial} = u_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2, \quad (4.4)$$

напругу заземлення знаходимо за формулою:

$$u_3 = I_3 \cdot R_3, \quad (4.5)$$

де I_3 – сила струму однофазного замикання.

Сила струму однофазного замикання може бути розрахована за формулою:

$$I_3 = \frac{u_\phi}{\sqrt{3} \cdot (R_3 + R_p)},$$

де, R_3 – опір робочого заземлення нейтралі, $R_{вз} < 10$ Ом;

R_p – опір розтікання струму в місці замикання фазного дотику на землю, $R_p = 12$ Ом.

Підставляючи числові значення опорів у вираз для визначення сили струму однофазного замикання, отримаємо:

$$I_3 = \frac{220}{\sqrt{3}(10 + 12)} = 5,78 \text{ А}.$$

Напруга заземлення згідно з рівнянням (4.5) буде

$$U_3 = 5,78 \cdot 10 = 57,8 \text{ В}.$$

Коефіцієнт, який враховує падіння напруги в додаткових опорах людини згідно з формулою (4.3)

$$\alpha_2 = \frac{1000}{1000 + 7,8 \cdot 10^4 + 100000} = 5,586 \cdot 10^{-3}$$

Напруга дотику з врахуванням додаткових опорів згідно виразу (4.4)

$$u_\phi = 57,8 \cdot 1 \cdot 5,586 \cdot 10^{-3} = 0,0557 \text{ В}.$$

Розглянемо другий, більш несприятливий випадок, коли додаткові опори дорівнюють нулю. В такому випадку $\alpha_2 = 1$, а напруга дотику без врахування додаткових опорів в ланці людини

$$u_\phi = 57,8 \cdot 1 \cdot 1 = 57,8 \text{ В}$$

З приведених вище розрахунків можна зробити висновок, що у другому випадку (коли додаткові опори людини відсутні) напруга дотику вища на декілька порядків і чисельно дорівнює напрузі відносно землі.

ВИСНОВКИ

Автоматизація є ключовим чинником у сучасному виробництві, що забезпечує підвищення ефективності, зниження витрат та покращення якості продукції.

Розроблена система пакування рідких продуктів демонструє високу ефективність завдяки інтеграції сучасних технологій, таких як ПЛК, датчики та автоматизоване керування.

Її впровадження дозволить підприємствам підвищити конкурентоспроможність на світовому ринку та забезпечити стабільність виробничих процесів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Rajeev Kapoor, Variender Kadyan and Sachin Ahuja, "Weight based-artificial neural network (W-ANN) for predicting dengue using machine learning approach with Indian perspective", *Int J Sci Technol Res*, vol. 9, pp. 3290-8, 2020.
2. S. B. G. T. Babu and C. S. Rao, "Statistical Features based Optimized Technique for Copy Move Forgery Detection", 2020 11th Int. Conf. Comput. Commun. Netw. Technol. ICCCNT 2020, 2020.
3. Zar Kyi Win and Tin Tin New, "PLC Based Automatic Bottle Filling and Capping System", *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, vol. 3, no. 6, October 2019.
4. T. Qiu, J. Chi, X. Zhou, Z. Ning, M. Atiquzzaman and D. O. Wu, "Edge Computing in Industrial Internet of Things: Architecture Advances and Challenges", *IEEE Communications Surveys & Tutorials*, vol. 22, no. 4, pp. 2462-2488, Fourthquarter 2020.
5. T. Ivanov, A. Kumar, D. Sharoukhov, F. Ortega and M. Putman, "DeepFocus: A deep learning model for focusing microscope systems", *Proc. SPIE*, vol. 11511, Aug. 2020.
6. ISO/IEC, 22989: 2022-07, "Information technology — Artificial intelligence — Artificial intelligence concepts and terminology", [online] Available: <https://www.iso.org/standard/74296.html>.
7. S. Saidi, D. Ziegenbein, J. V. Deshmukh and R. Ernst, "Autonomous Systems Design: Charting a New Discipline", *IEEE Design & Test*, vol. 39, no. 1, pp. 8-23, Feb. 2022.
8. S. Al-Sarawi, M. Anbar, R. Abdullah and A. B. Al Hawari, "Internet of Things Market Analysis Forecasts 2020–2030", 2020 Fourth World Conference on Smart Trends in Systems Security and Sustainability (WorldS4), pp. 449-453, 2020.

9. S. Forsström, I. Butun, M. Eldefrawy, U. Jennehag and M. Gidlund, "Challenges of Securing the Industrial Internet of Things Value Chain", 2018 Workshop on Metrology for Industry 4.0 and IoT, pp. 218-223, 2018.
10. S.-H. Lee, T. Yang, T. -S. Kim and S. Park, "TTGN: Two-Tier Geographical Networking for Industrial Internet of Things With Edge-Based Cognitive Computing", IEEE Access, vol. 10, pp. 22238-22246, 2022.
11. T Raghav, A Bhagavatula, S Aashish, J Drishti, B Natesh and S Varshini, "Smart Management of Crop Cultivation using IOT and Machine Learning", International Research Journal of Engineering and Technology, November 2018.
12. Lina Sun, Rajiv Kumar Gupta and Amit Sharma, "Review and potential for artificial intelligence in healthcare", International Journal of System Assurance Engineering and Management, vol. 13, no. Suppl 1, pp. 54-62, 2022.
13. Jing Yang et al., "Using deep learning to detect defects in manufacturing: a comprehensive survey and current challenges", Materials, vol. 13, no. 24, pp. 5755, 2020.
14. B. Kalidasan, J. Ben Ajai Raja, M. Giri Gowtham and M. Kadeesh, "Automatic Bottle Filling Machine", International Research Journal of Engineering and Technology, vol. 5, no. 3, Mar 2018.
15. M. Carvalho, B. L. Saux, P. Trouvé-Peloux, A. Almansa and F. Champagnat, "Deep depth from defocus: How can defocus blur improve 3D estimation using dense neural networks?", Proc. ECCV Workshops, pp. 307-323, 2019.
16. S. Gur and L. Wolf, "Single image depth estimation trained via depth from defocus cues", Proc. IEEE/CVF Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR), pp. 7683-7692, Jun. 2019.
17. S. Misra, C. Roy, T. Sauter, A. Mukherjee and J. Maiti, "Industrial Internet of Things for Safety Management Applications: A Survey", IEEE Access, vol. 10, pp. 83415-83439, 2022

18. T. Ruppert and J. Abonyi, "Industrial Internet of Things based cycle time control of assembly lines", 2018 IEEE International Conference on Future IoT Technologies (Future IoT), pp. 1-4, 2018.
19. Безпека життєдіяльності та основи охорони праці: Навчально-методичний комплекс для підготовки спеціалістів ступеня «бакалавр» III-IV рівнів акредитації для всіх напрямків підготовки /М.М.Сакун, І.В.Москалюк, В.Ф.Нагорнюк; за редакцією Сакуна М.М. – Одеса: Видавництво. 2017.- 400 с.
20. Запорожець Ю.І., Халмурадов Б.Д., Безпека життєдіяльності: підручник / Ю.І. Запорожець, Б.Д. Халмурадов – Київ: Видавництво «Центр учбової літератури». 2013.
21. Бедрій Я.І. Основи охорони праці: навч. посіб. 4-е вид. перероб. і доп. Тернопіль: Навчальна книга – Богдан. 2014. -240 с.
22. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка” Модуль 3. «Імпульсна техніка, вторинні джерела живлення, основи цифрової електроніки» – Тернопіль: ТНТУ, 2024. -26 с.
23. Трембач Р.Б., Шовкун О.П. Методичні вказівки до виконання до виконання лабораторних робіт з дисципліни “Інформаційно – вимірювальні системи” Модуль І. «Вимірювальна техніка» – Тернопіль: ТНТУ., 2024. – 67 с.
24. Коноваленко І. В. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0 : навч. посіб. / І. В. Коноваленко, П. О. Марущак. – Тернопіль : В. А. Паляниця, 2020 – 320 с. <http://library.megu.edu.ua:8180/jspui/handle/123456789/4115>
25. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник / І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо. – Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022. – 324 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39189>
26. Капаціла Ю.Б., Савків В.Б. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані

технології та робототехніка». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2025. 60 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48495>

27. Козбур І.Р., Методичні вказівки до виконання лабораторної роботи «Дослідження частотних характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – с. 16. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39207>
28. Козбур І.Р., «Дослідження часових характеристик неперервних лінійних систем», по курсу «Теорія автоматичного управління», для студентів 3 курсу спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Авт.: Козбур І.Р., Козбур Г.В. Марущак П.О., Савків В.Б. – Тернопіль: ТНТУ, ФПТ, каф. АВ, – 2022. – 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39206>
29. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. / Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. 344 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/123456789/1551>
30. Методичні вказівки по роботі з програмним симулятором "AVR simulator IDE" з курсу "Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 21 с.
31. Моделювання нелінійних систем керування у пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп'ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2019. - 19 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28057>
32. Моделювання систем керування в пакеті MATLAB SIMULINK, методичні вказівки до виконання лабораторної роботи по курсу «Комп'ютерні методи дослідження систем автоматичного управління», для студентів 4 курсу

спеціальності 6.050201 «Системна інженерія» / укл. : І.Р. Козбур , Г.В. Козбур , Р.І. Михайлишин. – Тернопіль : ТНТУ, 2019. - 23 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/28056>

33. Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Multisim. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо . - Тернопіль : ТНТУ Імені Івана Пулюя, 2018. - 26 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26404>
34. Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Proteus VSM. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами" / укл. : В.Р. Медвідь , В.П. Пісьціо. - Тернопіль : ТНТУ, 2018. - 26 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/26397>
35. Методичні вказівки до курсового проектування з курсу "Проектування систем автоматизації" / Савків В.Б., Шкодзінський О.К., Пісьціо В.П. Тернопіль : ТНТУ, 2025. 128 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48646>
36. Лабораторний практикум з проектування та моделювання роботи електропневматичних схем у середовищі програмного пакету «FluidSIM Pneumatics» з курсу «Технічні засоби автоматизації» / укл. : О.К. Шкодзінський. – Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2020. - 32 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/31418>
37. Трембач Р.Б., Медвідь В.Р. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни “Електроніка і мікросхемотехніка”. – Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. – 53 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/44635>
38. Методичні вказівки для написання розділу «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» в кваліфікаційних роботах здобувачів освітнього рівня „бакалавр”. Для студентів всіх форм навчання рівень вищої освіти перший (бакалаврський)/ укл.: О. Я. Гурик , І. Б. Окіпний. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2021. - 20 с.

39. Навчально-методичний посібник до практичних заняття з дисципліни «Безпека життєдіяльності, основи охорони праці» для студентів освітнього ступеня „бакалавр" усіх спеціальностей та форм навчання / Укладачі : О. Я. Гурик, І. Б. Окіпний, В. С. Сенчишин, С. Ю. Мариненко, О. І. Король. Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2025. 123 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48496>
40. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 1 [навчальний посібник]. Львів : «Магнолія 2006», 2013. 256 с.
41. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. Книга 2. [навчальний посібник]. Львів : "Магнолія 2006", 2014. 312 с.
42. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д. Телекомунікаційні системи та мережі. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017. 384 с.
43. Буров Є., Митник М. Комп'ютерні мережі. (у 2-х томах). Львів, Магнолія, 2018.
44. Комплексна безпека інформаційних мережевих систем. Навчальний посібник для студентів спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / А. Г. Микитиший, М. М. Митник, О. С. Голотенко, В. В. Карташов. – Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2023. – 324 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42625>
45. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с.
<https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>