

**Міністерство освіти і науки України
Луцький національний технічний університет**



ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ, ВИКОНАВЧІ ТА РЕГУЛЮЮЧІ МЕХАНІЗМИ БЕЗПЛОТНИХ АПАРАТІВ

Методичні вказівки до виконання самостійної роботи
освітньої програми «Системи керування безпілотними апаратами»
галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації
(G Інженерія, виробництво та будівництво)
спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка
(G7 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка)
денної та заочної форм навчання

Луцьк 2026

УДК 62-503.5; 621.328

Т 38

Рекомендовано до видання вченою радою факультету КІТ ЛНТУ, протокол № __ від «__» _____ 2026 року
Голова вченої ради факультету КІТ _____ Інна КОНДІУС

Електронна копія друкованого видання передана для внесення в репозитарій ЛНТУ
Директор бібліотеки _____ Наталія ПОЛІЩУК

Розглянуто і схвалено на засіданні кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ЛНТУ, протокол № _ від «__» _____ 2025 року.

Завідувач кафедри АКІТ _____	Олександр ПОВСТЯНОЙ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ЛНТУ
Укладач: _____	Павло ГУМЕНЮК, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ЛНТУ
Рецензент: _____	Людмила САМЧУК, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри прикладної механіки та мехатроніки ЛНТУ
Відповідальний за випуск: _____	Олександр ПОВСТЯНОЙ, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ЛНТУ

Т 38 **Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів:** Методичні вказівки до виконання самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Системи керування безпілотними апаратами» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації (G Інженерія, виробництво та будівництво) спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (G7 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка) денної та заочної форм навчання / уклад. П. О. Гуменюк. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 25 с.

У методичних вказівках розглянуто питання, винесені на самостійне опрацювання. Наведено варіанти завдань на КППЗ/ІЗ, зміст, обсяг та приклад виконання КППЗ/ІЗ.

Методичні вказівки укладено в результаті опрацювання опублікованих джерел [1-6].

ЗМІСТ

Вступ	4
Види самостійної роботи	4
Тема 1. Основні поняття та визначення	5
Тема 2. Технічні засоби автоматизації вимірювання температури	5
Тема 3. Технічні засоби автоматизації вимірювання тиску, розрідження витрати, рівня	6
Тема 4. Технічні засоби автоматизації вимірювання кількості витрати, рідин газів та пари	7
Тема 5. Поняття про функціональні схеми автоматизації	8
Тема 6. Відображення засобів автоматизації на функціональних схемах	9
Тема 7. Обґрунтування вибору функціональних схем автоматизації	10
Тема 8. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації	11
Комплексне практичне індивідуальне завдання	12
Варіанти завдань на КПЗ/ІЗ	13
Склад КПЗ/ІЗ і графічне оформлення	14
Зміст пояснювальної записки	15
Обсяг графічної частини	15
Допоміжна інформація	15
Оформлення роботи	16
Приклад оформлення	19
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	24

ВСТУП

Розвиток сучасного виробництва відбувається шляхом створення високоефективних промислових установок, які забезпечують інтенсифікацію технологічних процесів та систем керування ними.

Залежно від рівня автоматизованої системи керування технологічним процесів в якості технологічного об'єкта керування можна розглядати технологічні агрегати і установки, окремі виробництва (цехи, ділянки), які реалізують самостійний технологічний процес; виробничий процес промислового підприємства в цілому, якщо керування ним полягає в раціональному виборі та узгодженні режимів роботи агрегатів, ділянок і виробництв.

Невід'ємною складовою частиною таких систем є технічні засоби автоматизації. Вони виконують функції збирання і обробки інформації (без зміни її змісту) про стан процесу; передачу інформації каналами зв'язку (переміщення у просторі); перетворення, зберігання і обробки інформації, формування команд управління (переміщення інформації в часі із зміною її змісту); застосування і представлення командної інформації для впливу на процес і зв'язок з оператором.

Метою вивчення дисципліни «Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів» є отримання системи знань, умінь та практичних навичок в галузі функціонального призначення та конструктивних особливостей технічних засобів автоматизації, методів вибору основних компонентів цього обладнання. У даному методичному посібнику наведено вказівки щодо організації самостійної роботи з курсу «Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів».

ВИДИ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

1. Вивчення розділів курсу з використанням рекомендованої літератури і матеріалів лекцій.
2. Підготовка до практичних робіт.
3. Підготовка до виконання розрахункової роботи.

ТЕМА 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ. ХАРАКТЕРИСТИКИ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИЛАДІВ

Технічні засоби автоматизації: основні поняття. Функції технічних засобів автоматизації. Класифікація технічних засобів автоматизації. Критерії вибору технічних засобів автоматизації.

Вивчення теми повинне дати студентам чітке уявлення про функції технічних засобів автоматизації, їх основні техніко-економічні характеристики, критерії вибору ТЗА. Варто звернути увагу на те, за допомогою яких ознак класифікуються технічні засоби. При вивченні теми необхідно особливу увагу приділити розумінню студентами взаємозв'язку між рівнем досконалості технічних засобів, їх ефективності та необхідних капіталовкладень, а також задач, які постають перед проектувальниками комплексів ТЗА у сучасній промисловості.

У результаті вивчення теми студенти повинні уміти класифікувати технічні засоби автоматизації за ознакою приналежності до системи та визначати їх основні техніко-економічні характеристики.

Контрольні питання до теми 1.

1. Що таке технічні засоби автоматизації?
2. Перелічіть техніко-економічні показники технічних засобів автоматизації. Наведіть приклади для кожного з показників.
3. Які основні функції виконують технічні засоби автоматизації?
4. Які існують функціональні групи технічних засобів автоматизації за ознакою відношення до системи? Наведіть приклади для кожної з груп.
5. Який основний критерій вибору технічних засобів автоматизації?
6. Поясніть, як залежить економічність від капіталовкладень та рівня досконалості системи технічних засобів.

ТЕМА 2. ПРИСТРОЇ ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ

Проектування технічних засобів автоматизації. Види сумісності. Загальні вимоги до технічних засобів автоматичних систем управління технологічними процесами. Інформаційні вимоги. Організаційні вимоги. Математичні вимоги. Технічні вимоги. Економічні вимоги.

Вивчення теми повинне дати студентам уявлення про основні задачі проектування комплексів технічних засобів автоматизації та узагальнену структуру таких комплексів, а також основні види сумісності ТЗА

(функціональну, енергетичну, інформаційну, тощо) та групи вимог до засобів автоматизації. Варто звернути увагу на те, якими способами забезпечують сумісність та виконання вимог тієї чи іншої групи. При вивченні теми необхідно особливу увагу приділити розумінню студентами узагальненому складу робіт на основних етапах проектування комплексів технічних засобів.

У результаті вивчення теми студенти повинні уміти визначати способи забезпечення сумісності ТЗА та формувати основні вимоги до комплексу засобів автоматизації, класифікувати ТЗА за узагальненою ієрархічною структурою.

Контрольні питання до теми 2

1. Сформулюйте завдання проектування технічних засобів автоматизації.
2. Поясніть, що таке сумісність. Які види сумісності існують?
3. Наведіть приклади рішень щодо забезпечення сумісності ТЗА: функціональної, інформаційної, конструктивної, енергетичної.
4. На які групи зазвичай розділяють технічні вимоги до ТЗА?
5. Чого стосуються інформаційні вимоги? Наведіть приклади.
6. Чого стосуються організаційні вимоги? Наведіть приклади.
7. Чого стосуються математичні вимоги? Наведіть приклади.
8. Чого стосуються технічні вимоги? Наведіть приклади.
9. Чого стосуються економічні вимоги? Наведіть приклади.

ТЕМА 3. ЛОГІЧНІ ПРИСТРОЇ АВТОМАТИКИ

Функції управління технологічним процесом: контроль, оперативне управління. Методи управління виробництвом і технологічним процесом: ручні, механізовані, автоматизовані, автоматичні. Основні операції управління технологічним процесом: підготовка, пуск, збір, накопичення та аналіз даних, підготовка, прийняття і реалізація рішень, зупинення і завершення процесу, підготовка і отримання даних від суміжників та керівництва.

Вивчення теми повинне дати студентам чітке уявлення про функції та методи управління технологічними процесами, основні операції управління. Варто звернути увагу на те, які саме роботи відносять до тієї чи іншої групи операцій. При вивченні теми необхідно особливу увагу приділити розумінню студентами основ вибору складу операцій технологічного процесу за заданих умов.

У результаті вивчення теми студенти повинні уміти формувати перелік операцій технологічного процесу для заданих умов.

Контрольні питання до теми 3

1. Які розрізняють групи функцій управління технологічними процесами? Які функції відносять до кожної з груп?

2. Поясніть, які з функцій управління технологічним процесом можуть бути реалізовані за допомогою технічних засобів автоматизації.

3. Які існують методи управління технологічними процесами? Охарактеризуйте кожен з них.

4. Які існують групи операцій технологічного процесу?

5. Перелічіть основні операції у кожній групі. Наведіть приклади.

6. Поясніть, які з операцій управління технологічним процесом можуть бути реалізовані за допомогою технічних засобів автоматизації.

ТЕМА 4. ФУНКЦІОНАЛЬНІ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Параметри технологічних процесів: означення, основні ознаки класифікації, основні види параметрів за ознаками класифікації.

Вивчення теми повинне дати студентам уявлення про класифікацію параметрів технологічного процесу за різними ознаками. Варто звернути увагу на те, як умови контролю технологічного процесу впливатимуть на віднесення параметру до тієї чи іншої групи згідно різних ознак класифікації. При вивченні теми необхідно особливу увагу приділити розумінню студентами критеріїв, відповідно до яких параметр слід віднести до тієї чи іншої групи.

У результаті вивчення теми студенти повинні уміти класифікувати параметри технологічного процесу зварювання за заданих умов відповідно до різних ознак класифікації.

Контрольні питання до теми 5

1. Що таке параметр технологічного процесу?

2. Перелічіть ознаки, за якими класифікують параметри технологічних процесів.

3. Наведіть класифікацію параметрів технологічного процесу за кожною з ознак (за відношенням до галузі науки, якісно-кількісною ознакою, характером фізичних величин, характером вимірювальних сигналів і т. д.).

4. Наведіть приклади з галузі зварювальних процесів за кожною з ознак класифікації.

ТЕМА 5. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ПНЕВМАТИЧНІ ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ

Основні етапи проектування технічних засобів автоматизації. Загальні принципи побудови комплексу технічних засобів. Типовий склад робіт при проектуванні систем технічних засобів: чинні нормативні документи.

Основні стадії розробки автоматизованих систем управління. Типовий склад робіт на стадії дослідження і обґрунтування створення автоматизованої системи.

Типовий склад робіт на стадії розробки технічного завдання. Типовий склад робіт на стадії розробки ескізного проекту. Типовий склад робіт на стадії розробки технічного проекту. Типовий склад робіт на стадії розробки робочої документації. Типовий склад робіт на стадії виготовлення несерійних компонентів комплексу засобів автоматизації. Типовий склад робіт на стадії введення в дію.

Вивчення теми повинне дати студентам уявлення про основні етапи проектування технічних засобів автоматизації та загальні принципи побудови комплексу технічних засобів. Варто звернути увагу на те, як вихідні умови проектування (стан розробки проблеми, досвід роботи із аналогічними завданнями проектування, складність робіт) впливають на склад робіт при проектуванні, об'єм необхідної документації та загальну тривалість проекту. При вивченні теми необхідно особливу увагу приділити розумінню студентами критеріїв, відповідно до яких тим чи іншим етапом робіт можна знехтувати.

У результаті вивчення теми студенти повинні уміти за узагальненим переліком робіт визначати склад робіт при проектуванні за заданих умов.

Контрольні питання до теми 4

1. Перелічіть основні стадії розробки автоматизованих систем управління.

2. Наведіть типовий склад робіт на стадії дослідження і обґрунтування створення автоматизованої системи. Наведіть приклади факторів, які впливають на необхідність проведення кожного з етапів робіт.

3. Наведіть типовий склад робіт на стадії розробки технічного завдання. Наведіть приклади факторів, які впливають на необхідність проведення кожного з етапів робіт.

4. Наведіть типовий склад робіт на стадії розробки ескізного проекту. Наведіть приклади факторів, які впливають на необхідність проведення кожного з етапів робіт.

5. Наведіть типовий склад робіт на стадії розробки технічного проекту. Наведіть приклади факторів, які впливають на необхідність проведення кожного з етапів робіт.

6. Наведіть типовий склад робіт на стадії розробки робочої документації. Наведіть приклади факторів, які впливають на необхідність проведення кожного з етапів робіт.

7. Наведіть типовий склад робіт на стадії виготовлення несерійних компонентів комплексу засобів автоматизації. Наведіть приклади факторів, які впливають на необхідність проведення кожного з етапів робіт.

8. Наведіть типовий склад робіт на стадії введення в дію. Наведіть приклади факторів, які впливають на необхідність проведення кожного з етапів робіт.

ТЕМА 6. МЕМБРАННІ ПНЕВМАТИЧНІ ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ

Загальна характеристика процесів, пов'язаних з інформацією. Процеси отримання, переробки і відображення інформації про параметри технологічного процесу. Типові функції систем керування та технічні засоби, що входять до їх складу. Зворотний зв'язок: позитивний та негативний. Типи фільтрів систем керування технологічними процесами. Різновиди систем автоматизації.

Вивчення теми повинне дати студентам уявлення про процеси роботи з інформацією в системах автоматичного керування. Варто звернути увагу на те, які існують різновиди систем автоматизації та відповідні особливості їх застосування (типові призначення). При вивченні теми необхідно особливу увагу приділити розумінню студентами критеріїв, відповідно до яких здійснюють вибір пристроїв, що беруть участь у процесах обробки інформації.

У результаті вивчення теми студенти повинні уміти із заданого переліку визначати оптимальні для заданих умов технологічного процесу зварювання технічні засоби обробки інформації.

Контрольні питання до теми 6

1. На які групи поділяють процеси обробки інформації в машинобудуванні? Які особливості кожного з процесів?

2. Які існують основні операції обробки інформації? Які особливості кожної з них?

3. Що таке позитивний та негативний зворотний зв'язок? Як вони впливають на характеристики компонентів?

4. Що таке фільтри в системах автоматизації? Які існують різновиди фільтрів?
5. Які виділяють різновиди систем автоматизації? Поясніть типові призначення кожного з них.
6. За допомогою яких технічних засобів здійснюють обробку інформації?
7. Які основні характеристики каналів передачі інформації?

ТЕМА 7. ПОРШНЕВІ ВИКОНАВЧІ МЕХАНІЗМИ

Аналогова та цифрова форми представлення інформації про параметри технологічного процесу. Переваги та недоліки форм представлення інформації. Способи перетворення форм представлення інформації. Квантування. Використання проміжних перетворювань. Перетворювачі з підрахунком. Число-аналогові перетворення. Застосування комп'ютерів у схемах вимірювання.

Вивчення теми повинне дати студентам уявлення про основні форми представлення інформації про параметри технологічного процесу, їх переваги та недоліки. Варто звернути увагу на особливості сучасних способів перетворення форм представлення інформації. При вивченні теми необхідно особливу увагу приділити розумінню студентами критеріїв, відповідно до яких здійснюють вибір засобів перетворення форм представлення інформації.

У результаті вивчення теми студенти повинні уміти із заданого переліку визначати оптимальні для заданих умов технологічного процесу зварювання технічні засоби перетворення форм представлення інформації.

Контрольні питання до теми 7

1. Які існують форми представлення інформації про параметри процесу? Поясніть особливості кожної з них.
2. Що таке цифро аналогові і аналого-цифрові перетворювачі?
3. У чому полягає процедура квантування? Які існують види квантування? Охарактеризуйте їх.
4. Як відбувається відтворення вихідного сигналу за результатами квантування? Які існують методи підвищення точності такого відтворення?
5. У чому полягає принцип «додавання з вагами» при перетворенні кода числа в аналогову величину і що таке «сходи опорів»?

ТЕМА 8. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Основні поняття та визначення. Класифікація програмно-технічних комплексів. Структура програмно-технічних комплексів, галузі використання.

Вивчення теми повинне дати студентам уявлення про програмно-технічні комплекси, які застосовують в системах автоматизації, їх основні складові та характеристики. Варто звернути увагу на те, як умови роботи пристроїв впливають на вимоги щодо основних характеристик ПТК. При вивченні теми необхідно особливу увагу приділити розумінню студентами критеріїв, відповідно до яких здійснюють вибір типу та складу програмно-технічного комплексу.

У результаті вивчення теми студенти повинні уміти із заданого переліку визначати оптимальні для заданих умов технологічного процесу зварювання програмно-технічні комплекси.

Контрольні питання до теми 8

1. Що таке програмно-технічний комплекс?
2. Охарактеризуйте склад, особливості побудови та типові застосування різновидів програмно-технічних комплексів (маломасштабні системи, крупномасштабні системи та ін.).
3. Які існують методи підвищення надійності роботи програмно-технічних комплексів?
4. Що таке дублювання та резервування? Поясніть типові випадки застосування кожного з цих заходів.

КОМПЛЕКСНЕ ПРАКТИЧНЕ ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Виконання КПЗ/ІЗ є одним із обов'язкових складових модулів залікового кредиту з дисципліни «Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів».

КПЗ/ІЗ виконується самостійно кожним студентом.

При виконанні КПЗ/ІЗ здобувачі вищої освіти повинні показати:

- застосування теоретичних знань для розроблення окремих систем автоматизації технологічних процесів та засвоєння правил їх проектування;
- вміння аналізувати технологічний процес, визначати вхідні і вихідні координати об'єкту, виявляти фактори, що визначають технологічний процес;
- вміння використовувати комп'ютерні технології при виконанні та оформленні роботи.

У якості комплексного практичного індивідуального завдання з дисципліни «Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів» студенти виконують розрахунково-графічну роботу. Робота виконується у 6-му семестрі.

Метою виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів» є розвиток навичок самостійної роботи, систематизація знань, закріплення теоретичних знань та практичне застосування знань студента з навчального курсу, практичне засвоєння методів синтезу систем автоматизації, вироблення навичок проектування функціональних схем автоматизації інтелектуальних систем.

Кожен студент одержує індивідуальні завдання на розрахунково-графічну роботу, в якому вказано:

- 1) конкретний технологічний процес (об'єкт),
- 2) продуктивність технологічної апаратури,
- 3) умови роботи технологічної апаратури,
- 4) рівень автоматизації,
- 5) існуючі функціональні схеми автоматизації,
- 6) об'єкт, в якому повинен мінімізуватись технологічний процес по енергетичних та матеріальних затрат.

Додаткові дані для виконання роботи студент одержує на основі детального вивчення технічної і патентної літератури, стандартів та інших нормативно-технічних документів на норми та правила розроблення систем автоматизації технологічних процесів.

Розрахунково-графічна робота складається з описової (15-20 сторінок формату А4) та графічної (1 аркуш формату А3) частин. Графічна частина

роботи містить функціональну схему автоматизації технологічного процесу. Інші графічні матеріали приводять в записці у відповідності з обсягом виконаної роботи.

Пояснювальна записка повинна бути оформлена відповідно до СТП КрПІ 3.1-92 «Текстові документи. Вимоги до оформлення». Всі дії та використання розрахункових співвідношенні повинні бути пояснені і обґрунтовані. Для цитованої інформації (формули, числові значення констант) необхідно вказати джерело запозичення.

Для виконання розрахунково-графічної роботи студентам слід керуватись методичними вказівками [3]. Виконання роботи є обов'язковою складовою семестрового контролю.

Форми захисту КПЗ/ІЗ: розрахунково-графічна робота оцінюється в межах поточного контролю. Захист роботи виконується у вигляді співбесіди.

Варіанти завдань на КПЗ/ІЗ

1. Автоматизація технологічного процесу виробництва какао-порошку
2. Автоматизація технологічного процесу виробництва карамелі
3. Автоматизація технологічного процесу виробництва ДСП
4. Автоматизація технологічного процесу виробництва хліба
5. Автоматизація технологічного процесу виробництва вафель
6. Автоматизація технологічного процесу виробництва тирсоплити
7. Автоматизація технологічного процесу виробництва пастеризованого молока
8. Автоматизація технологічного процесу виробництва олії
9. Автоматизація технологічного процесу виготовлення пива
10. Автоматизація технологічного процесу виробництва вафель
11. Автоматизація технологічного процесу виробництва макаронів
12. Автоматизація технологічного процесу виробництва пластикових пляшок
13. Автоматизація технологічного процесу виробництва пастеризованого молока
14. Автоматизація технологічного процесу виробництва цукру-піску
15. Автоматизація технологічного процесу виробництва морозива
16. Автоматизація технологічного процесу виробництва розчинної кави
17. Автоматизація технологічного процесу виробництва крекери
18. Автоматизація технологічного процесу виробництва квасу
19. Автоматизація технологічного процесу виробництва скляних банок
20. Автоматизація технологічного процесу виробництва сметани

21. Автоматизація технологічного процесу виробництва спирту
22. Автоматизація технологічного процесу виробництва сталі
23. Автоматизація технологічного процесу виробництва солоду
24. Автоматизація технологічного процесу виробництва печива
25. Автоматизація технологічного процесу виготовлення металевої сітки
26. Автоматизація технологічного процесу виробництва консервованих фруктів
27. Автоматизація технологічного процесу виробництва вафель
28. Автоматизація технологічного процесу виробництва печива
29. Автоматизація технологічного процесу виробництва морозива
30. Автоматизація технологічного процесу виробництва чавуну

Склад КПЗ/ІЗ і графічне оформлення

Розрахунково-графічна робота повинна містити пояснювальну записку і графічну частину. Пояснювальна записка містить титульну сторінку, бланк завдання, реферат, зміст, вступ, розділи, висновки, перелік посилань (включно із посиланнями на мережеві ресурси). Графічна частина включає 1 лист формату А1, на якому розміщено 2 креслення формату А2.

На першому кресленні повинна бути зображена функціональна схема автоматизації зі вказаними засобами автоматизації за місцем та на щиті. На другому кресленні потрібно зобразити блок-схему, яка показує логіку автоматизації обраного технологічного процесу.

У пояснювальній записці повинен бути наведений опис технологічного процесу та запропонована схема його автоматизації.

Рекомендується такий порядок виконання розрахунково-графічної роботи:

- 1) вивчення методичних вказівок і літератури з проектування систем автоматизації;
- 2) вибір технологічного процесу відповідно до завдання;
- 3) вибір схеми автоматизації обраного технологічного процесу;
- 4) вибір основних засобів автоматизації з урахуванням вимог даного процесу;
- 5) остаточне графічне оформлення креслення і складання пояснювальної записки.

Креслення треба оформляти чітко, товщини ліній, написання букв і цифр виконувати відповідно до вимог ДСТУ і ЄСКД. Пояснювальну записку до КПЗ/ІЗ друкують на аркушах паперу формату А4 книжкової орієнтації у рамці.

Зміст пояснювальної записки

Вступ

1. Аналіз технологічного процесу
2. Вибір схеми автоматизації
3. Обґрунтування вибору ТЗА

Висновки

Перелік посилань

Обсяг графічної частини

Лист 1 Функціональна схема автоматизації

Лист 2 Блок-схема автоматизації

Допоміжна інформація

В **рефераті** вказується назва роботи, автор, склад пояснювальної записки та графічної частини (кількість аркушів, рисунків, таблиць, літературних джерел, листів) і мета роботи.

У **вступі** пояснювальної записки потрібно дати коротку характеристику продукту, що отримується на виході обраного техпроцесу, зробити огляд виробництва даного продукту у своєму регіоні (місті, області, країні).

В **першому розділі** повинен бути приведений опис технологічного процесу, який обрано для автоматизації із вказаними величинами основних параметрів (не менше 3х параметрів) та об'єктами, з яких складається даний техпроцес; навести схему техпроцесу до автоматизації.

Вибір схеми автоматизації потрібно обґрунтувати у **другому розділі**. Оскільки ілюстративним матеріалом до даного розділу слугує лист із кресленнями, дублювати функціональну схему в цьому розділі не потрібно. Опис засобів автоматизації повинен бути чітким, однозначним і таким, що повною мірою відображає запропоновану логіку. Обов'язково вказувати нумерацію засобів (пускач NS 3-3, датчик тиску PE 6-1 і т.п.)

В **розділі 3** потрібно надати опис і технічні характеристики засобів, що підходять для запропонованої схеми автоматизації. Назва і тип приладу виноситься як назва підрозділу (наприклад, «3.2 Ємнісний рівнемір Kotron 805»), після чого іде короткий опис приладу, його зображення і основні технічні характеристики. В характеристиках обов'язково вказати тип і величину вихідного сигналу (0..20 мА, 12-36 В і т.п.)

У **висновках** потрібно проаналізувати доцільність розробки, позитивні та негативні сторони даного комплексу, прогнозований ефект від автоматизації.

Перелік посилань повинен містити не менше 5 опрацьованих джерел. Потрібно враховувати не лише матеріали веб-ресурсів, а і матеріали з підручників, довідників, стандартів та публікацій в наукових та технічних виданнях. В тексті пояснювальної записки обов'язково вказувати посилання на літературні джерела.

Оформлення роботи

Для написання пояснювальної записки використовується шрифт Times New Roman або аналогічний, розмір шрифту 14, колір чорний, міжрядковий інтервал 1,5, відступ абзаца 1 см, вирівнювання по ширині.

Назви розділів виділяються титульним шрифтом (великі літери) напівжирної або жирної товщини по центру сторінки. Між назвою та текстом розділу повинен бути пропуск в 1 рядок. Всі розділи повинні починатись із нової сторінки. Назви підрозділів виділяють жирним шрифтом з нормальним написанням (тільки перша буква велика), вирівнювання по ширині сторінки. Після назви підрозділу повинен бути пропуск в 1 рядок. Текст після назви підрозділу іде з нового рядка.

Приклад:

.....

3 ВИБІР ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Термометр ртутний

Ртутні термометри зручні для використання при вимірюванні...

.....

Всі рисунки в пояснювальній записці повинні бути підписані. Рисунок із підписом знаходиться на одній сторінці, вирівнювання по центру. В підписі вказується номер рисунка, що складається із двох чисел, з яких перше – номер розділу, а друге – номер рисунка в цьому розділі. Пояснення позначень на рисунку виконується з нового рядка без пропусків під назвою рисунка. Кожен рисунок виділяється пустим рядком над самим зображенням і під підписом.

Приклад:

.....
 ... для змішування мас, вакуумування і формування (рис. 1.1).

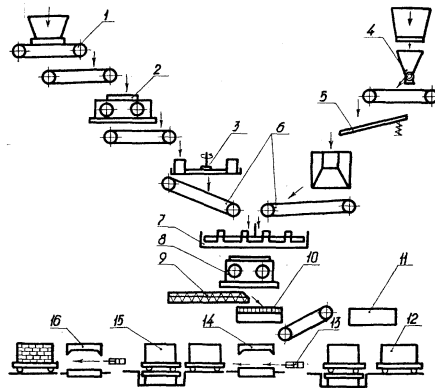


Рисунок 1.1 - Технологічна схема виробництва цегли пластичним способом:
 1 – ящиківий живильник; 2 – вальці, для вилучення каміння; 3 – бігуни; 4 –
 молоткова дробарка керамічного бою; 5 – грохот; 6 – живильник; 7 –
 глиномішалка; 8 – вальці тонкого помолу; 9 – стрічковий прес; 10 – різальний
 верстат; 11 – автомат-укладальник; 12 – сушильні візки; 13 – штовхач; 14 –
 сушило; 15 – гідравлічний знижувач; 16 – випалювальна піч

Відомі також і інші технологічні схеми...

.....
 Таблиці повинні бути підписані за аналогією з рисунками – з нумерацією,
 що відповідає розділу і номеру таблиці в цьому розділі. На відміну від
 рисунків підпис до таблиці виконується над самою таблицею з вирівнюванням
 по лівому краю, пропуски між таблицею та підписом відсутні. Після таблиці
 повинен бути пропуск в 1 рядок.

Приклад:

.....
 Таблиця 3.2 – Технічні характеристики датчика ду-02

Найменування параметру	Од. вим.	Значення	Примітки
1. Довжина робочої частини датчика (базове виконання)	мм	700 + 1	до 3000 мм макс.
2. Мінімальна довжина робочої частини датчика	мм	300	після обрізки

Як видно з таблиці.....

.....

Список використаної літератури повинен бути оформлений відповідно до ДСТУ 8302:2015 «Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання». Обов'язкове наведення посилань на літературні джерела.

Приклад:

.....
 ...В безперервних технологічних процесах матеріальний потік і інформація, що його відображає безперервні [5]. Матеріальний потік, що проходить через технологічне обладнання і зазнає там в кожен момент часу зміни своїх властивостей є неперервним.

----- // -----

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

...

5. Обладнання автоматизованого виробництва: підручник / В. М. Бочков, Р. І. Сілін; за ред. Р. І. Сіліна. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2025. 404 с.

.....

Функціональна схема автоматизації виконується відповідно до ДСТУ Б А.2.4-16:2008, ДСТУ Б А.2.4-3:2009 та інших актуальних нормативних документів.

Елементи блок-схеми зображуються відповідно до ДСТУ ISO 5807:2016 та загальноприйнятих правил побудови. Тип та розмір шрифту повинен бути однаковим для всіх елементів блок-схеми.

У штампі на листах та в пояснювальній записці вказується шифр у форматі:

АКІТ–XXX.YY.ZZ.000 NN,

де XXX – порядковий номер студента в журналі групи,

YY – номер креслення,

ZZ – номер листа, якщо креслення займає більше 1 листа,

NN – позначення частини роботи (СФ для функціональної схеми, БС для блок-схеми, ПЗ для пояснювальної записки).

Приклади:

«АКІТ – 018.00.00.000 ПЗ», «АКІТ – 005.02.01.000 БС», «АКІТ – 010.01.00.000 NN».

Приклад оформлення

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Обсяги випуску натурального молока та іншої молочної продукції протягом року нерівномірні, особливо в осінньо-зимовий період, коли надходження свіжого молока скорочується. Одним із способів забезпечення ритмічного молочного виробництва є використання сухого молока, виробленого на спеціальних молочних виробництвах. Крім того, сухе молоко дає можливість економно зберігати і транспортувати дуже великі кількості сухої речовини у віддалені регіони і на експорт.

Розміри частинок сухого молока залежать від ступеня згущення і способу сушіння. Переважна маса частинок продукту сушіння має розміри до 60 мкм. Об'ємна маса продукту залежить від способу сушіння і коливається в межах від 300 до 690 кг/м³. Зовнішня оболонка частинок, отриманих при розпилювальній сушці лише злегка проникна, вона утримує повітря і ізолює жир. Жирова фаза представлена жировими кульками розміром 4 ... 5 мкм. Вміст вільного жиру в молочному порошку розпилювального сушіння коливається в межах 3-19 %.

Особливості виробництва сухих молочних продуктів у порівнянні з отриманням питного молока передбачають виконання додаткових операцій теплової обробки молока: випарювання й сушіння.

Термін зберігання сухого незбираного молока в герметичній упаковці при температурі 1-10 °С становить не більше 10 місяців.

Сушка призначена для отримання молочного продукту з концентрацією сухих речовин не менше 96 %. Молоко зазвичай сушать у контактних або в розпилювальних сушильних установках. У контактних сушарках молоко висихає при безпосередньому контакті з гарячою поверхнею барабанів (вальців). В залежності від конструкції цих сушарок молоко можна сушити при атмосферному тиску при температурі 110-130 °С і у вакуумі при температурі 60-70 °С. В якості сушильного агента використовують водяну пару, яка подається у внутрішню частину барабанів і нагріває їх робочі поверхні.

У розпилювальних сушильних установках молоко диспергується за допомогою обертових дисків або форсунок до дрібних крапель. Збільшення питомої поверхні продукту при сушінні дозволяє інтенсифікувати виділення вологи. Внаслідок малого розміру крапель молока (40-50 мкм) поверхня вологообміну досягає 150-250 м² на один кубометр сушильної камери. Тому тривалість сушіння не перевищує 4-6 с. І залежить від кількості подачі згущеного молока. Насос повинен працювати на рівні 900 кг/год.

На сушку згущене молоко подають шестерним насосом. Повітря, що подається на сушку, нагрівається в калорифері. Повітря подається нагнітальним вентилятором продуктивністю 14200 м³/год. Після проходження калорифера повітря нагрівається до температури 180 °С і подається на розпилювальний диск, швидкість обертів якого становить 10 тисяч об/год. При цьому в повітророзподільнику потік повітря піддається закрученню в напрямку, протилежному напрямку руху часток продукту. Після втрати частинками продукту високої початкової швидкості вони спільно з потоком повітря рухаються по низхідній спіральній траєкторії. На виході із сушарки відпрацьоване повітря має температуру 85 °С і містить 110-200 мг сухого молока в 1 кг відпрацьованого повітря. Відпрацьоване повітря з найбільш дрібними фракціями молочного порошку через спеціальний патрубок виводиться з сушильної башти в батарею циклонів для очищення. Повітря відсмоктується вентилятором. Висушений молочний порошок зсипається в вібралоток, з якого подається до пневмотранспортної лінії.

1.1 Параметри технологічного процесу

Для виготовлення якісного сухого молока необхідно дотримуватись параметрів, зазначених у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 - Параметри технологічного процесу виготовлення сухого молока

№ п./п.	Назва параметру	Одиниці вимірювання	Значення	Відхилення
1	2	3	4	5
1.	Температура сушки	°С	180	± 5
2.	Витрата згущеного молока для сушки	кг/год	900	± 10
4.	Температура на виході з сушки	°С	85	± 2

1.2 Завдання автоматизації

Вимоги до системи автоматизації:

- 1) автоматизоване контроль і регулювання температури сушки сухого молока,
- 2) автоматизоване контроль і регулювання витрати молока,
- 3) автоматизований контроль і регулювання температури.

2 ВИБІР СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

На сушку згущене молоко подається насосом 1-5. Витрата молока на сушку контролюється датчиком витрати 1-1 та регулюється клапаном 1-4 відповідно.

Контур регулювання температурою сушки починається з включення вентилятора 2-3, та трубчатого електронагрівача 2-4. Значення температури в сушарці вимірюється датчиком температури 2-1, температура на виході контролюється датчиком 2-6.

Відпрацьоване повітря з найбільш дрібними фракціями молочного порошку через спеціальний патрубок виводиться з сушильної башти в батарею циклонів для очищення. Повітря відсмоктується вентиляторами 3-3, 3-5, 3-7.

3 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір датчиків

Датчик температури. Для вимірювання температури використаємо термопару ТХА-2388. Технічні характеристики термопар ТХА-2388 наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічні характеристики термопар ТХА-2388

№ п/п.	Назва параметра	Значення
1	Похибка вимірювання	0,25%
2	Діапазон вимірювання температур	0...+800°C
3	Градуювання	ХА
4	Напруга живлення	від 12 до 36 В 24 В
5	Ступінь захисту	IP65
6	Вихідний сигнал	4-20мА
7	Споживана потужність	1 Вт
8	Маса приладу	0,2 кг
9	Ціна	300 грн.

Даний термоперетворювач призначений для перетворення значення температури різних, в тому числі і агресивних середовищ в уніфікований струмовий вихідний сигнал 4-20мА.

Термоперетворювачі можуть використовуватись в теплоенергетиці, хімічній, металургійній та інших галузях промисловості. Гарантійний термін

роботи становить 2 роки, а міжповірочний інтервал також проводиться раз на 2 роки служби.

Давач витрати. Для вимірювання витрати вибираємо електромагнітний давач витрати IFM Electronic SM6004, характеристики якого описані в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики давача витрати

№ п/п	Назва параметра	Значення
1	Похибка вимірювання	2,5 %
2	Діапазон вимірювання	0..50 м ³ /хв
3	Напруга живлення	12...36 В
4	Температура навколишнього середовища	0.. +70 °С
5	Ступінь захисту	IP65
6	Вихідний сигнал	4-20мА
7	Споживана потужність	1,5Вт
8	Маса приладу	0,7 кг
9	Ціна	1800 грн.

Електромагнітні датчики витрати IFM Electronic (Німеччина) працюють на основі закону Фарадея про електромагнітної індукції, а саме: в провіднику, який переміщається в електромагнітному полі, виникає електрорушійна сила (ЕРС). Ця ЕРС пропорційна швидкості переміщення провідника. Протікаюча по трубопроводу рідина ϵ , в даному випадку, провідником. Електромагнітний витратомір так само містить в собі: джерело електромагнітного поля (катушки) і електроди, передають виникаючий індукційний струм в блок електроніки. За величиною струму визначається величина витрати провідної рідини. В електромагнітних витратомірах IFM Electronic (ІФМ Електроник) серії SM є вбудований датчик температури, який дозволяє також контролювати величину температури вимірюваного середовища. Електромагнітний датчик потоку IFM спеціально розроблений для роботи з невеликими діаметрами трубопроводу.

3.2 Вибір виконавчих механізмів і регулюючих органів

Електровентелі. Для регулювання швидкості потоку в трубопроводах вибираємо регулюючий клапан з електроприводом.

Регулюючі клапани встановлюються на трубопроводах для регулювання потоку робочого середовища за допомогою електропривода.

Електроклапани. Для регулювання напрямком потоку вибираємо триходовий клапан з електроприводом.

Триходовий клапан із зовнішніми циліндровими різьбами, ISO 228/1, класу В, виконання з плоским ущільненням. Шпindel з неіржавіючої сталі, тарілка клапана з латуні з кільцем ущільнювача з фторопласту, посиленого скловолокном. Сальник виконаний з латуні з EPDM- O- Ring.

Номер моделі: SB364.

Тип: триходовий двопозиційний.

Робочий тиск: 0-10 бар.

Робоча температура: - 40...+120 градусів.

Напруга: 24 В, 220 В.

Матеріал корпусу: латунь.

Перетворювач частоти. Перетворювач частоти серії SMD був розроблений для потреб широкого сектора глобального ринку перетворювачів частоти. Потребами даного сегмента є управління по лінійному або квадратичному закону скалярного (безвекторного) управління.

Перетворювач частоти 8200 smd є найпростішим по настройці параметрів і введенню в експлуатацію; відповідає стандартним вимогам:

- просте регулювання швидкості;
- розгін, гальмування, реверсування;
- захисні функції;
- компактний дизайн.

Висока перевантажувальна здатність: витримує перевантаження 150 % Ін протягом 60 секунд. Відповідність стандартам CE, UL, cUL.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

Базові

1. Технічні засоби автоматизації: навч.-метод. посібник / А. К. Бабіченко та ін.; за ред. А. К. Бабіченка. Харків: НТУ «ХПІ», 2024. 183 с.
2. Технічні засоби автоматизації. Конспект лекцій: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 174 втоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка / уклад.: О. М. Безвесільна, Т. О. Толочко. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 367 с.
3. Технічні засоби автоматизації. Практикум: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за спец. 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка / уклад.: О. М. Безвесільна, Т. О. Толочко. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 217 с.
4. Конспект лекцій з дисципліни «Технічні засоби автоматизації» для студентів усіх форм навчання спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, освітньо-професійні програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Системна інженерія». Частина 1 / упоряд. Іванов Л.С. Харків: ХНУРЕ, 2023. 88 с.
5. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Технічні засоби автоматизації: методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів вищої освіти. Одеса: ДУІТЗ, 2024. 27 с.
6. Технічні засоби автоматизації: навчально-методичні настанови до практичних занять / упоряд. А. А. Бурчак , М. В. Михайловський, М. В. Рибальченко, О. Ю. Потап. Дніпро: Укр. держ. ун-т науки і технологій, 2025. 25 с.

Інформаційні ресурси

1. ДСТУ Б А.2.4-3:2009 Система проектної документації для будівництва. Правила виконання робочої документації автоматизації технологічних процесів. [Чинний від 2010—01—01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2009.
2. ДСТУ 2709-94. Державна система забезпечення єдності вимірювань. Автоматизовані системи керування технологічними процесами. Метрологічне забезпечення. Основні положення. [Чинний від 1995—07—01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 1994.
3. ДСТУ 8302:2015 Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016—07—01]. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2015.

Публікації за освітньою компонентою

1. Kuzmych O., Cherniashchuk N., Lishchyna N., Lishchyna V., Mekush O., Gumenyuk P. Mobile Robot Motion Stability and Optimal Chassi

Construction. Publisher: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) Digital Library 2021, ACIT'2021, 2021, pp. 141-146.

2. Grigorieva N., Shabaykovich V., Gumeniuk L., Humeniuk P. Modeling of the matrix base of design of innovative equipment for obtaining renewable energy from CO₂. *Modern engineering and innovative technologies*. Issue №16 Part 1, 2021. С. 68-76.

3. Крисанов А. О., Гуменюк П. О. Моделювання дискретних виробничих процесів з використанням Simru. *Перспективні технології та прилади. Збірник статей*. Луцьк: ЛНТУ, 2023. Випуск 22. С. 68–73.

4. Gumeniuk L., Fedik L., Didukh V., Humeniuk P. Analysis and study of rolling parameters of coils on an inclined plane. *Informatyka, Automatyka, Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Srodowiska*. Vol. 14, No 3. 2024. С.101-104.

5. Сауляк М. М., Гуменюк П. О. Автоматизована система керування технологічним процесом виготовлення вапна. *Актуальні проблеми автоматизації та управління: матеріали XII міжнародної науково-практичної інтернет-конференції молодих учених та студентів*. Випуск № 12. Луцьк: ЛНТУ, 2024. С. 69-72.

6. Gumeniuk L., Markina L., Satsyk V., Humeniuk P., Lashch A. Application of multi-agent programming for modeling the viscosity state of mash in alcohol production. *Informatyka, Automatyka, Pomiaru w Gospodarce i Ochronie Srodowiska*. Vol. 15, No 1. 2025. С.27-32.

7. Дерлюк С. О., Гуменюк П. О., Гуменюк Л. О. Оцінка можливості виникнення кавітації в насосах. *Технологічні комплекси*. Луцьк: ЛНТУ, 2025. Том 17. № 2. С, 18-23.

Технічні засоби, виконавчі та регулюючі механізми безпілотних апаратів: Методичні вказівки до виконання самостійної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти освітньої програми «Системи керування безпілотними апаратами» галузі знань 17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації (G Інженерія, виробництво та будівництво) спеціальності 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка (G7 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка) денної та заочної форм навчання / уклад. П. О. Гуменюк. Луцьк: ЛНТУ, 2026. 25 с.

Комп'ютерний набір

П. О. Гуменюк

Редактор

П. О. Гуменюк

Підп. до друку «__» ____2026 р. Папір офс.
Гарнітура Таймс. Ум. друк. арк. 1,5. Обл.-вид. арк. 1.
Тираж 30 прим.

Відділ іміджу та промоції
Луцького національного технічного університету
43018 м. Луцьк, вул. Львівська, 75
Друк – ВІП ЛНТУ