


**ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»**

**ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ
АВТОМАТИЗАЦІЇ:**

**методичні рекомендації
до виконання практичних та індивідуальних завдань**

Запоріжжя 2026



УДК 681.5:669(072)
В52

Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 7 від 04.06.2026 р.)

Укладач:

Малій О.Г. викладач циклової комісії з автоматизації металургійного виробництва та механічного обладнання

В52 Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації :
методичні рекомендації до виконання практичних та
індивідуальних завдань / уклад. О. Г. Малій. Запоріжжя :
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ
ПОЛІТЕХНІКА», 2026. 40 с.

Методичні рекомендації містять матеріали до виконання практичних та індивідуальних завдань з дисципліни «Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації». У роботі розглянуто основи аглодомного, сталеплавильного та прокатного виробництв, елементи автоматичних систем регулювання та нормативні документи у сфері автоматизації. Видання містить теоретичні відомості, приклади розрахунків, практичні завдання, рекомендації до оформлення робіт та перелік рекомендованих джерел. Методичні рекомендації призначені для здобувачів фахової передвищої освіти за спеціальністю G7 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка.

УДК 681.5:669(072)

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МЕТИНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2026



ЗМІСТ

ВСТУП	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 КОНСТРУКЦІЯ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ І ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ДОМЕННОГО ЦЕХУ	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 СТАЛЕПЛАВИЛЬНІ АГРЕГАТИ, ЇХ БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ	10
ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 ПАРАМЕТРИ ДЕФОРМАЦІЇ В ПРОЦЕСІ ПРОКАТКИ	15
ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 АНАЛІЗ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	21
ПРАКТИЧНА РОБОТА №5 АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ДЛЯ КОНСТРУЮВАННЯ ТИПОВИХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ	27
МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ	30
Додаток А Приклад оформлення титульного листа індивідуального завдання	34
Додаток Б Приклади оформлення бібліографічних посилань	35




ВСТУП

Сучасні металургійні підприємства характеризуються високим рівнем механізації, автоматизації та складністю технологічних процесів, що вимагає від фахівців ґрунтовних знань будови виробничого обладнання, принципів роботи технологічних агрегатів та систем автоматичного керування.

Навчальна дисципліна «Виробничі процеси та обладнання об'єктів автоматизації» спрямована на формування у здобувачів освіти знань щодо основних технологічних процесів аглодоменного, сталеплавильного та прокатного виробництва, а також принципів функціонування автоматизованих систем управління технологічними процесами. Особлива увага приділяється вивченню конструкції металургійних агрегатів, параметрів технологічних процесів, технічних засобів автоматизації та нормативних документів, що застосовуються у промисловості.

Методичні рекомендації до виконання практичних та індивідуальних завдань розроблені з метою закріплення теоретичних знань, розвитку практичних навичок аналізу виробничих процесів і виконання інженерних розрахунків. Виконання практичних робіт та індивідуальних завдань дозволяє здобувачам освіти поглибити розуміння сучасних технологій металургійного виробництва, особливостей роботи обладнання та принципів побудови систем автоматизації.



ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 **КОНСТРУКЦІЯ ДОМЕННИХ ПЕЧЕЙ І ХАРАКТЕРИСТИКА** **ОБЛАДНАННЯ ДОМЕННОГО ЦЕХУ**

Мета роботи – ознайомитися з конструкцією доменної печі і обладнанням доменного цеху.

Короткі теоретичні відомості

Доменне виробництво є основою чорної металургії та призначене для отримання чавуну шляхом відновлення заліза з рудної сировини. Основним агрегатом цього виробництва є доменна піч — вертикальна шахтна піч великого об'єму, у якій безперервно відбуваються процеси нагрівання, відновлення оксидів заліза, плавлення та розділення металу і шлаку (рис. 1). Верхня частина печі — колошник — призначена для завантаження шихтових матеріалів і відведення колошникового газу. Через завантажувальний пристрій у піч подають агломерат, окатиші, кокс і флюси, при цьому система завантаження запобігає виходу газів у навколишнє середовище та забезпечує рівномірний розподіл шихти по перерізу печі.

Найбільшу частину печі займає шахта, у якій шихтові матеріали поступово опускаються вниз, а назустріч їм рухаються гарячі відновлювальні гази. У цій зоні відбувається нагрівання та відновлення оксидів заліза до металевого стану. Нижче розташований розпар — розширена частина печі, де температура значно підвищується і починається активне плавлення матеріалів. Саме тут завершується відновлення заліза, утворюються рідкий метал і шлак.

У нижній частині доменної печі знаходиться горн — зона накопичення розплавленого чавуну та шлаку. Через фурми до горна подають нагріте дуття, необхідне для інтенсивного згоряння коксу та утворення високих температур. У результаті горіння утворюються газ-відновники, які забезпечують перебіг основних фізико-хімічних процесів у печі. Для захисту металевого кожуха від перегріву піч обладнана вогнетривкою футеровкою та системою водяного охолодження.

Рідкі продукти плавки періодично випускають через спеціальні льотки: окремо для чавуну та шлаку. Чавун через чавунний жолоб направляють у ковші для подальшої переробки у сталеплавильному виробництві, а шлак транспортують для переробки або утилізації. Важливу роль у роботі печі також відіграють повітропроводи та повітрянагрівачі, які забезпечують подачу гарячого дуття необхідної температури, що підвищує ефективність доменної плавки та зменшує витрати коксу.

Як шихтові матеріали використовують агломерат, окатиші, кокс і флюси. Кокс виконує роль палива, джерела тепла та відновника, а флюси забезпечують утворення шлаку і видалення домішок.

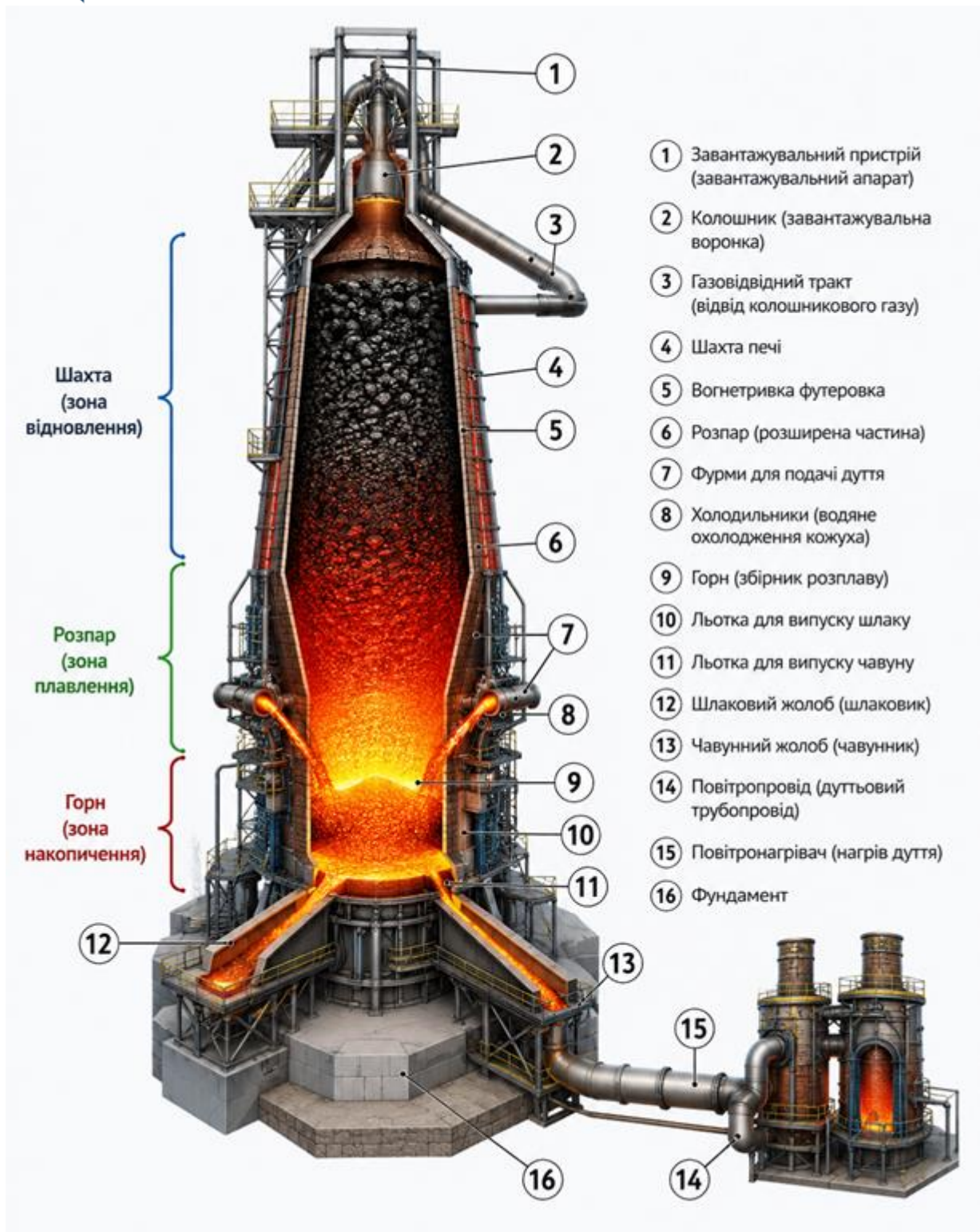



Рисунок 1 – Доменна піч (зображення згенеровано ШІ)

Технологічний процес доменної плавки полягає у безперервному завантаженні шихти зверху печі та подачі нагрітого дуття через фурми в нижню частину горна. У результаті згоряння коксу утворюються високі температури та відновлювальні гази, які, піднімаючись вгору, відновлюють оксиди заліза до металевого стану. У нижній частині печі відновлене залізо плавиться, насичується вуглецем і перетворюється



на чавун, а порода та домішки переходять у шлак. Рідкий чавун і шлак періодично випускають через спеціальні льотки, після чого чавун направляють на подальшу переробку у сталеплавильне виробництво.

Доменне обладнання (рис. 2) являє собою комплекс машин, агрегатів і допоміжних систем, призначених для підготовки шихтових матеріалів, ведення доменної плавки, транспортування продуктів плавлення та забезпечення безперервної роботи доменного цеху. Центральним агрегатом є доменна піч, у якій відбуваються процеси відновлення заліза, плавлення шихти та утворення чавуну і шлаку. Для подачі сировини використовують бункери шихти, завантажувальні пристрої та системи транспортування, що забезпечують безперервне надходження агломерату, окатишів, коксу й флюсів у піч.

Важливою складовою доменного обладнання є повітрянагрівачі, або каупери, які нагрівають дуття за рахунок теплоти колошникового газу. Нагріте повітря через систему дуттьових трубопроводів подається до фурм доменної печі, де забезпечує інтенсивне горіння коксу та створення високотемпературної зони плавлення. Для підтримання необхідного теплового режиму піч обладнана системою водяного охолодження та вогнетривкою футеровкою, що захищає металевий кожух від руйнування під дією високих температур.

У процесі роботи доменної печі утворюється колошниковий газ, який через газовідвідні тракти надходить до газоочисного обладнання. Тут газ очищується від пилу та використовується як вторинне паливо для нагріву повітрянагрівачів або інших потреб підприємства. Для випуску продуктів плавки доменна піч оснащена льотками, через які періодично випускають рідкий чавун і шлак. Далі вони транспортуються чавунними та шлаковими жолобами у ковші або шлакові чаші.

До складу доменного обладнання також входять машини та механізми для обслуговування печі, системи автоматизації й контролю технологічних параметрів, пиловловлювальні установки, насосні станції, транспортне обладнання та ремонтні механізми. Узгоджена робота всіх елементів доменного комплексу забезпечує стабільність технологічного процесу, високу продуктивність печі та отримання чавуну необхідної якості.

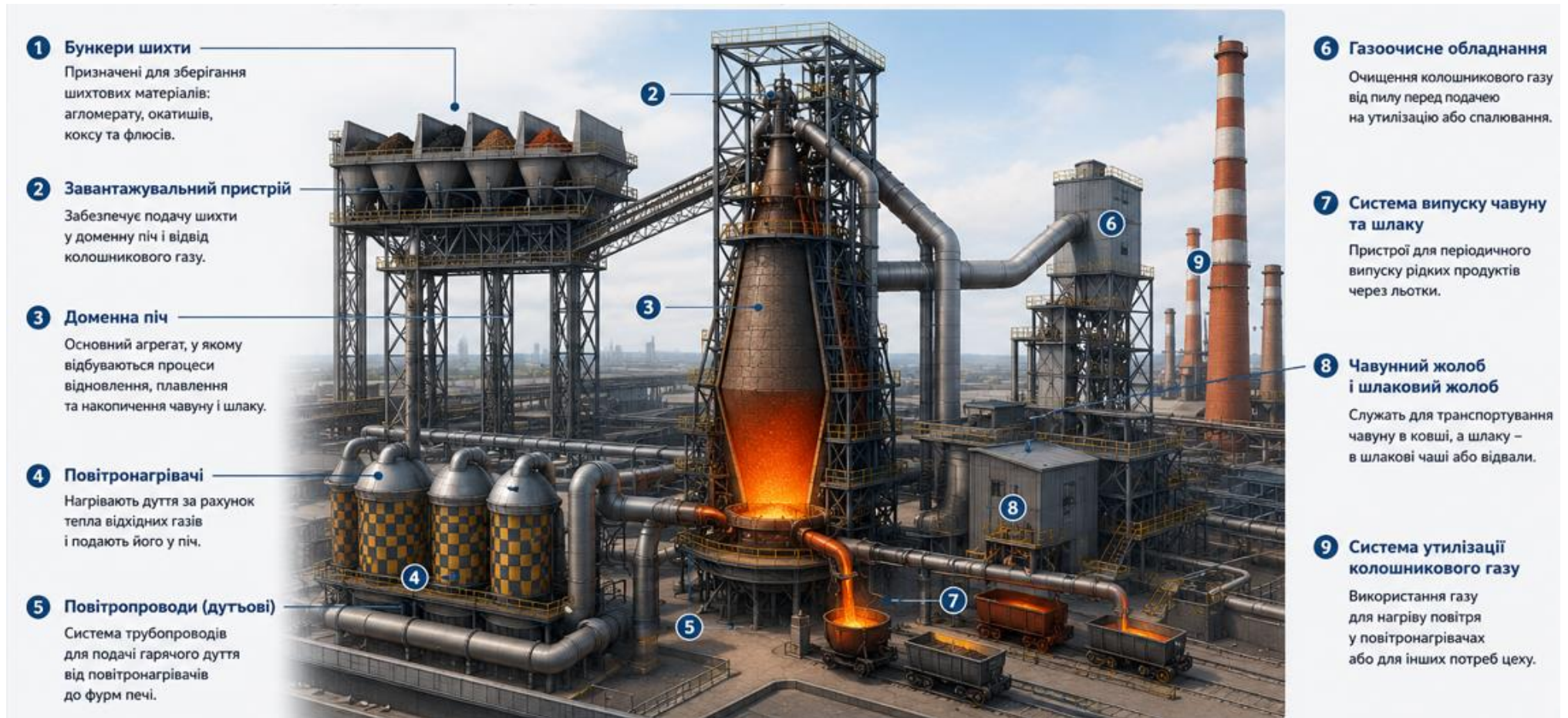


Рисунок 2 – Доменне обладнання (зображення згенеровано ШІ)

Завдання: доповнити схему структури доменного цеху (рис. 3) розписавши позиції, що відображені на схемі.

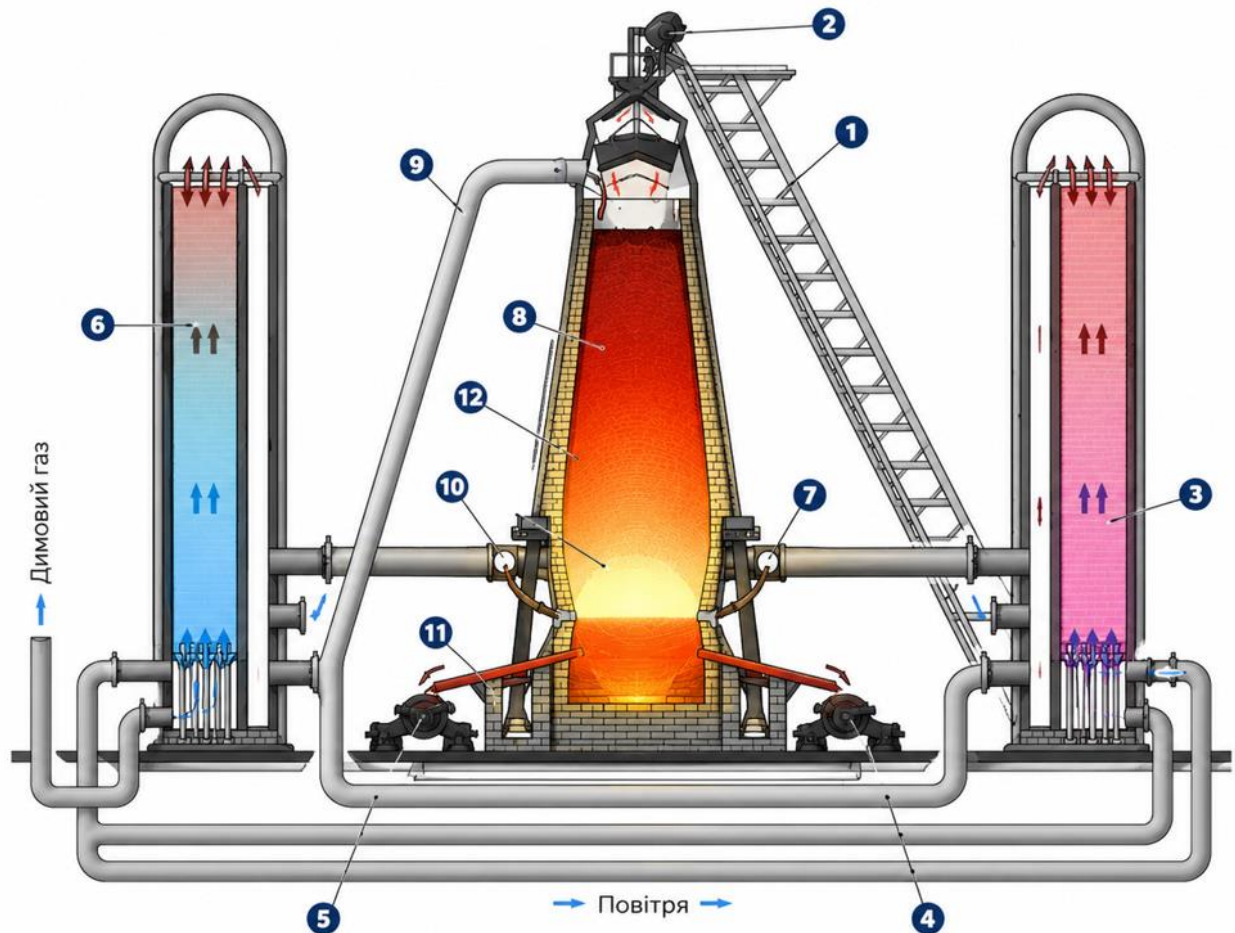


Рисунок 3 – Схема доменного виробництва

Рекомендована література

1. Смірнов О. М., Семенко А. Ю., Скоробагатько Ю. П., Горюк М. С. Основи металургії: виробництво чавуну : підручник. Одеса : Олді+, 2023. 192 с. URI: <https://dspace.mipolytech.edu/handle/mip/630>

2. Основи металургії: виробництво чавуну : навчальний посібник / уклад. О. В. Воденніков. Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 148 с

3. Новіков Ф. В., Дитиненко С. О., Новіков Д. Ф. Сучасні технологічні системи : навчальний посібник. Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2020. 236 с.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2 СТАЛЕПЛАВИЛЬНІ АГРЕГАТИ, ЇХ БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ

Мета роботи – ознайомитися та засвоїти основні види та конструкції сталеплавильних агрегатів та принцип їх роботи.

Короткі теоретичні відомості

Сталеплавильні агрегати класифікують за способом отримання теплової енергії, типом технологічного процесу, видом використовуваної шихти та конструктивними особливостями. Основною ознакою класифікації є джерело тепла, за яким сталеплавильні агрегати поділяють на конвертерні, мартенівські та електроплавильні. У конвертерних агрегатах теплота утворюється внаслідок окиснення домішок рідкого чавуну киснем, що подається у ванну металу. Найбільш поширеними є кисневі конвертери (рис. 4), які забезпечують високу продуктивність і широко застосовуються у сучасній чорній металургії.

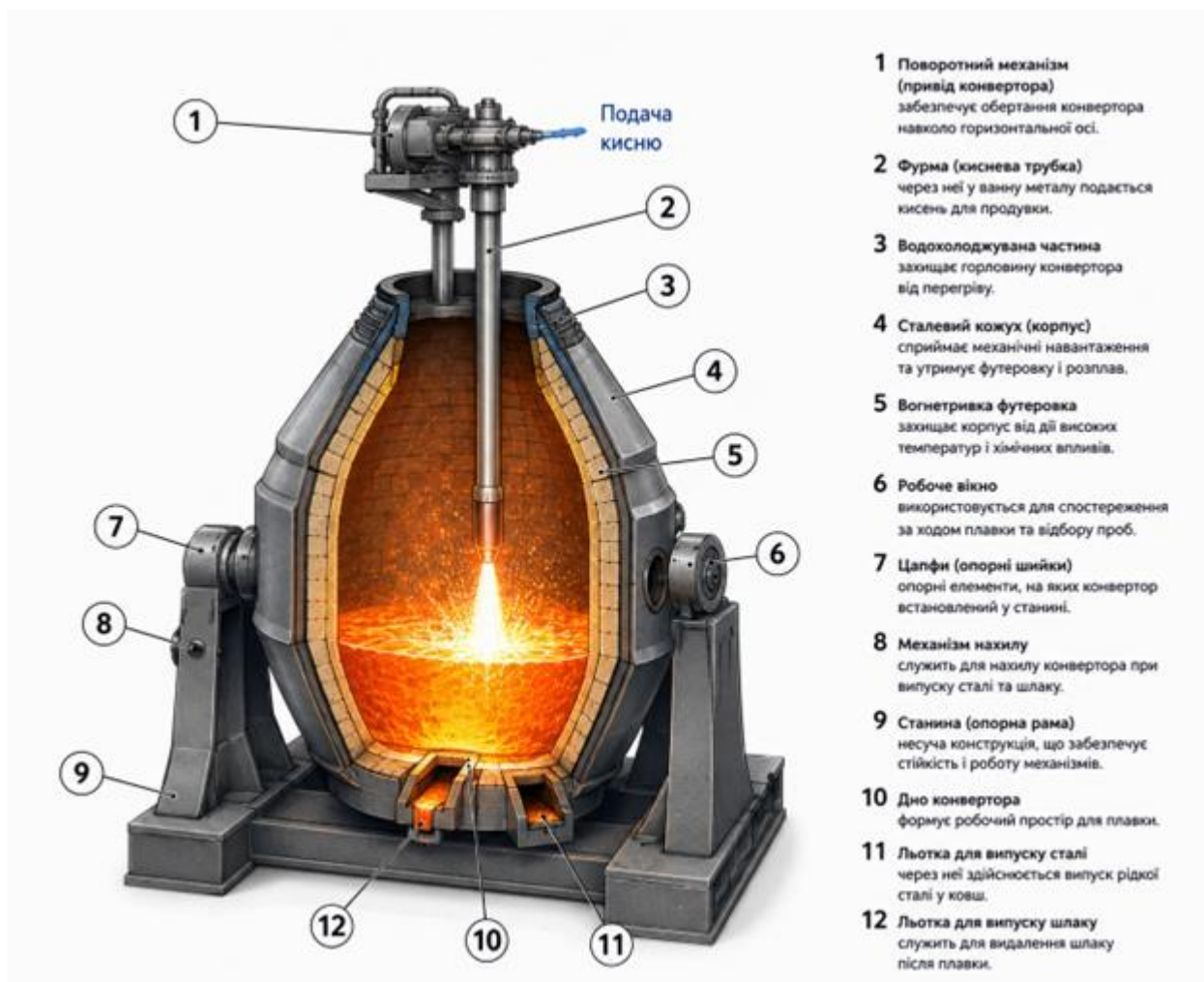



Рисунок 4 – Кисневий конвертор (зображення згенеровано ШІ)



Робота конвертора ґрунтується на окисненні домішок чавуну — вуглецю, кремнію, марганцю та фосфору — під дією кисню, що подається у ванну металу через водоохолоджувану кисневу фурму. У процесі продувки виділяється значна кількість теплоти, яка забезпечує підтримання високої температури плавки без додаткового палива.

Перед початком плавки у конвертор завантажують металобрухт, після чого заливають рідкий чавун і додають флюси для утворення шлаку. Під час продувки відбувається інтенсивне перемішування металу, активне окиснення домішок і формування шлаку, який поглинає шкідливі компоненти. Після завершення плавки конвертор нахилиють, випускають готову сталь у ківш, а потім окремо видаляють шлак. Киснево-конвертерний процес характеризується високою продуктивністю, відносно короткою тривалістю плавки та можливістю отримання сталі високої якості.

Мартенівська піч (рис. 5) є сталеплавильним агрегатом регенеративного типу, призначеним для виплавки сталі шляхом переплавлення рідкого чавуну, металобрухту та добавок у полуменевій печі. Джерелом тепла є спалювання газоподібного або рідкого палива у робочому просторі печі. Особливістю мартенівського процесу є використання регенераторів — спеціальних камер, у яких тепло димових газів накопичується вогнетривкою насадкою та потім використовується для нагріву повітря і палива, що значно підвищує температуру горіння.

Під час роботи у ванні печі відбувається плавлення шихтових матеріалів, окиснення домішок чавуну та утворення шлаку, який поглинає шкідливі домішки. Для регулювання складу сталі у піч додають флюси та легувальні матеріали. Після завершення плавки готову сталь випускають через сталевипускний отвір у ківш, а шлак видаляють окремо. Мартенівський процес характеризується великою тривалістю плавки та значними витратами палива, тому у сучасній металургії мартенівські печі майже повністю замінені кисневими конверторами та електропечами.

Електроплавильні агрегати (рис. 6) працюють на основі використання електричної енергії для нагріву та плавлення металу і застосовуються переважно для отримання якісних, легованих та спеціальних сталей. Найбільш поширеною є електродугова піч, у якій теплота утворюється за рахунок електричної дуги між графітовими електродами та металевою шихтою. Під час роботи у піч завантажують металобрухт, флюси та легувальні добавки, після чого через електроди подається струм високої потужності. Електрична дуга створює температуру понад 3000 °С, що забезпечує швидке плавлення металу. У процесі плавки проводять окиснення шкідливих домішок, утворення шлаку та коригування хімічного складу сталі. Після завершення плавки піч нахилиють і випускають рідкий метал у сталерозливний ківш.

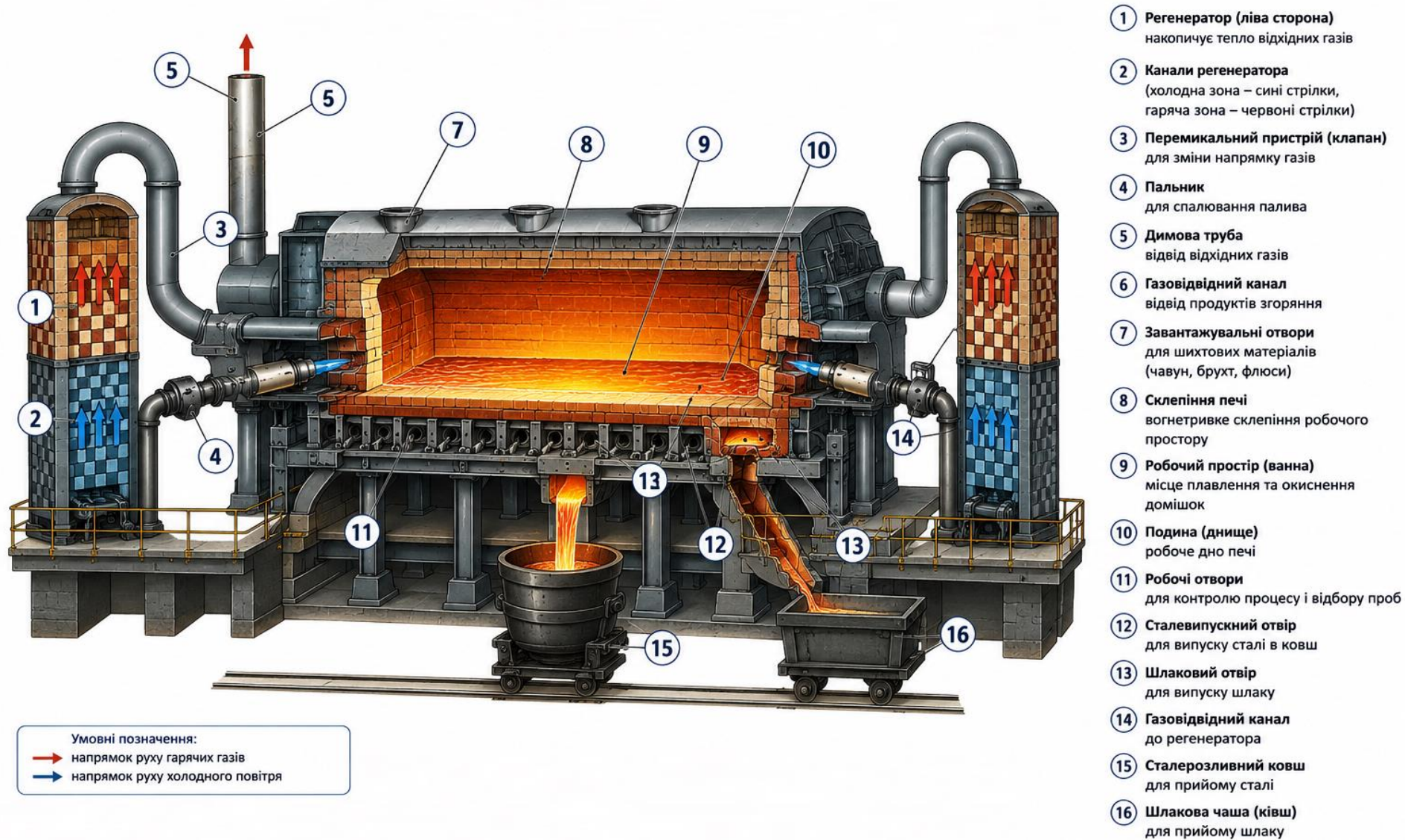
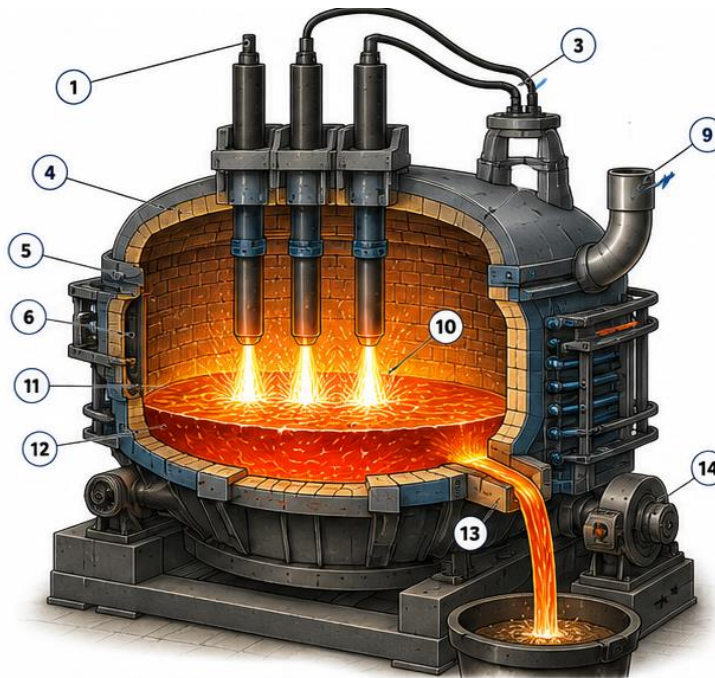


Рисунок 5 – Мартенівська піч (зображення згенеровано ШІ)

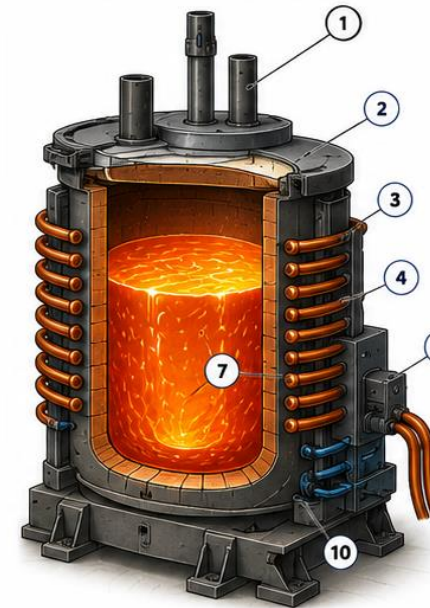
а.

- 1 Графітові електроди
- 2 Тримач електродів
- 3 Електродні кабелі
- 4 Зведення (склепіння) печі
- 5 Завантажувальні вікна
- 6 Стіль (футеровка)
- 7 Корпус печі
- 8 Система водяного охолодження
- 9 Патрубок відводу газів
- 10 Робочий простір печі
- 11 Розплав металу
- 12 Шлаковий шар
- 13 Випускний отвір
- 14 Механізм нахилу печі
- 15 Опорна рама



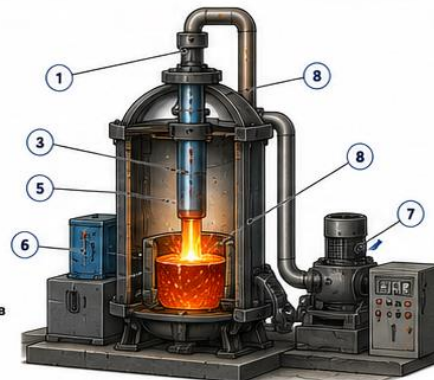
б.

- 1 Кришка печі
- 2 Завантажувальний люк
- 3 Тигель (вогнетривкий)
- 4 Індукційна котушка
- 5 Осердя магнітопроводу
- 6 Корпус печі
- 7 Розплав металу
- 8 Панель підключення
- 9 Система водяного охолодження
- 10 Опорна основа



в.

- 1 Вакуумна камера
- 2 Графітовий електрод
- 3 Механізм переміщення електрода
- 4 Водяний холодильник
- 5 Тигель
- 6 Розплав металу
- 7 Вакуумний насос
- 8 Система відведення газів
- 9 Пульт керування



г.

- Печі для переплаву під шлаком (ЕШП)
- Печі для зонного переплаву (ЗП)
- Печі для електрошлакового переплаву (ЕШП)



Рисунок 6 – Види електросталеплавильних агрегатів (зображення згенеровано ШІ): а – електродугова піч, б – індукційна піч, в – вакуумно-дугова піч, г – печі спеціального призначення

Індукційні печі працюють за принципом електромагнітної індукції. Навколо тигля печі розташована індукційна котушка, через яку проходить змінний електричний струм. У результаті виникає змінне магнітне поле, що індукує вихрові струми в металі та нагріває його до температури плавлення. Такі печі забезпечують рівномірний нагрів металу, мінімальне забруднення розплаву та високу точність підтримання температури, тому широко використовуються для виплавки легованих і кольорових металів.

Вакуумно-дугові печі застосовують для отримання високоякісних і спеціальних сплавів. Плавлення в них відбувається у вакуумній камері, що дозволяє зменшити вміст газів і неметалевих включень у металі. Тепло утворюється за рахунок електричної дуги між електродом та металом. Робота у вакуумі забезпечує покращення структури та властивостей металу, тому такі печі використовують для виробництва відповідальних сплавів для авіаційної, енергетичної та машинобудівної галузей.

До електроплавильних агрегатів також належать печі спеціального призначення, зокрема установки електрошлакового та вакуумного переплаву. Вони використовуються для додаткового очищення металу, підвищення однорідності структури та покращення механічних властивостей готової продукції.

Завдання: описати переваги та недоліки сталеплавильних агрегатів.

Рекомендована література

1. Куцин В. С., Куцин С. В. Теорія і технологія сталеплавильних процесів : навчальний посібник. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2020. 510 с

2. Металургія сталі. Конвертерне виробництво: теорія, технологія, якість металу, конструкція агрегатів, рециркуляція матеріалів і екологія / О. Г. Величко та ін. Дніпропетровськ : РВА «Дніпро-VAL», 2015. 434 с.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3 ПАРАМЕТРИ ДЕФОРМАЦІЇ В ПРОЦЕСІ ПРОКАТКИ

Мета роботи – ознайомитися з конструкцією доменної печі і обладнанням доменного цеху.

Короткі теоретичні відомості

Поздовжня прокатка належить до найбільш поширених способів обробки металів тиском. Під час цього процесу заготовка проходить між двома валками, які обертаються у протилежних напрямках, а рух металу здійснюється перпендикулярно до осей валків (рис. 7).

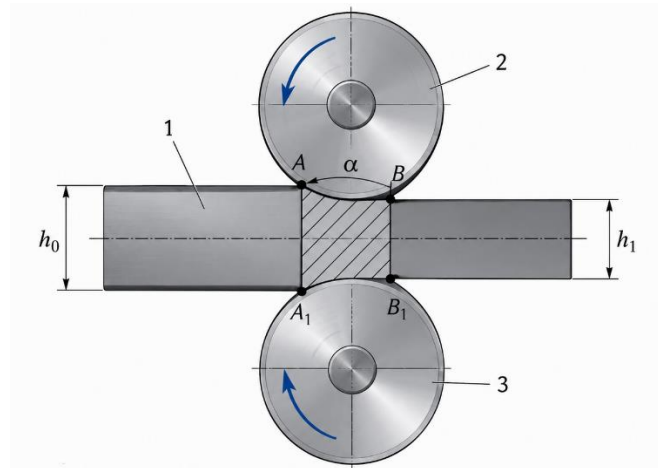


Рисунок 7 – Схема поздовжньої прокатки металу: 1 - заготовка; 2, 3 - валки; h_0 - початкова висота заготовки; h_1 - кінцева висота заготовки; α - кут захвату; ABB_1A_1 - зона деформування

Деформація металу відбувається в обмеженій зоні, що знаходиться між площинами AA_1 і BB_1 , поверхнями валків та боковими гранями заготовки. Кут α , який визначає дугу контакту валка із заготовкою AB , називають кутом захвату. У процесі прокатки зона деформації поступово переміщується вздовж заготовки, унаслідок чого висота металу зменшується від h_0 до h_1 , довжина збільшується від l_0 до l_1 , а ширина може дещо зрости від b_0 до b_1 .

Оскільки об'єм металу під час прокатки практично залишається сталим, виконується умова: $b_0 \cdot h_0 \cdot l_0 = b_1 \cdot h_1 \cdot l_1$.

Звідси співвідношення витяжки можна записати у вигляді:

$$\frac{l_1}{l_0} = \frac{b_0 \cdot h_0}{b_1 \cdot h_1} = \frac{S_0}{S_1}$$

де S_0 — площа поперечного перерізу заготовки до прокатки;
 S_1 — площа поперечного перерізу після деформації.

Під час поздовжньої прокатки відстань між валками встановлюють меншою за початкову товщину заготовки. У процесі проходження металу між валками відбувається зменшення товщини h , а також збільшення довжини l ширини b заготовки. Для характеристики зміни геометричних розмірів використовують коефіцієнти деформації:

- коефіцієнт обтиснення $\gamma = \frac{h_0}{h_1}$
- коефіцієнт розширення $\beta = \frac{b_1}{b_0}$
- коефіцієнт витяжки $\mu = \frac{l_1}{l_0}$

Коефіцієнт витяжки μ показує, у скільки разів збільшується довжина заготовки або зменшується площа її поперечного перерізу після одного проходу між валками. Значення цього показника зазвичай знаходиться в межах 1,1–2,5 та залежить від властивостей металу, температури прокатки, величини обтиснення та інших технологічних параметрів.

Між коефіцієнтами деформації існує взаємозв'язок, який визначається законом сталості об'єму металу при пластичній деформації:

$$b_0 \cdot h_0 \cdot l_0 = b_1 \cdot h_1 \cdot l_1$$

Із цього співвідношення випливає, що:

- коефіцієнт обтиснення прямо пропорційний коефіцієнтам витяжки та розширення: $\gamma = \beta \cdot \mu$
- коефіцієнт розширення прямо пропорційний коефіцієнту обтиснення та обернено пропорційний коефіцієнту витяжки: $\beta = \frac{\gamma}{\mu}$
- коефіцієнт витяжки прямо пропорційний коефіцієнту обтиснення та обернено пропорційний коефіцієнту розширення: $\mu = \frac{\gamma}{\beta}$

Для оцінки деформації також застосовують відносні показники:

- відносне обтиснення $\varepsilon = \frac{h_0 - h_1}{h_0}$
- відносне розширення $\delta = \frac{b_1 - b_0}{b_0}$
- відносна витяжка $\nu = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$

Ці параметри дозволяють оцінити ступінь зміни розмірів металу в процесі прокатки та використовуються при аналізі режимів деформації.

Завдання: відповідно до варіанту (табл. 1) за списком у журналі розрахувати коефіцієнти деформації при повздовжньому прокатуванні для кожного проходу; визначити кінцеві показники деформації, одержані в результаті декількох проходів, маючи на увазі, що заготовка одержала кінцеву деформацію ніби за один прохід.

Таблиця 1 – Вихідні дані до практичної роботи 3

Варіант	Початкові розміри, мм		Кількість проходів				
			1	2	3	4	5
1	hi, мм	690	670	652	637	624	614
	bi, мм	420	423	425,5	428	432	435
	li, мм	1500					
2	hi, мм	720	702	687	674	664	658
	bi, мм	460	462,5	467	469	472,5	474
	li, мм	1500					
3	hi, мм	660	648	638	631	626	622
	bi, мм	400	401,2	402,4	403,6	404,8	406
	li, мм	2000					
4	hi, мм	750	738	729	722	717	713
	bi, мм	480	484	488	489,5	491	492,5
	li, мм	2000					
5	hi, мм	700	685	673	663	656	652
	bi, мм	430	432,3	435	437,3	439,2	440,5
	li, мм	1000					
6	hi, мм	680	670	662	656	652	649
	bi, мм	410	411,3	413	414,9	415,2	417
	li, мм	1000					
7	hi, мм	670	662	656	652	650	649
	bi, мм	400	401,6	402,2	403,8	404,4	405
	li, мм	1500					
8	hi, мм	690	676	664	654	647	643
	bi, мм	420	422	424,2	427,5	429,2	431,5
	li, мм	1500					

9	h _i , мм	750	725	702	683	668	657
	b _i , мм	420	423,5	429	432,5	435	439,5
	l _i , мм	2000					
10	h _i , мм	720	698	678	661	647	640
	b _i , мм	460	463,5	469,3	473,5	476,5	480,5
	l _i , мм	2000					

Приклад розв'язку завдання
Вихідні дані:

Початкові розміри, мм		Кількість проходів				
		1	2	3	4	5
h _i , мм	740	730	720	710	700	690
b _i , мм	250	251,5	253	254,5	256	257,5
l _i , мм	1000					

1. Користуючись законом сталості об'єму металу при пластичній деформації знайдемо величину довжини заготовки:

$$b_0 \cdot h_0 \cdot l_0 = b_k \cdot h_k \cdot l_k$$

звідси для першого проходу

$$l_1 = (b_0 \cdot h_0 \cdot l_0) / (b_1 \cdot h_1) = (740 \cdot 250 \cdot 1000) / (730 \cdot 251,5) = 1007,653 \text{ мм.}$$

2. Визначимо абсолютну деформацію за кожним геометричним параметром:

$$\Delta h_i = h_{i-1} - h_i$$

$$\Delta b_i = b_i - b_{i-1}$$

$$\Delta l_i = l_i - l_{i-1}$$

$$\Delta h_1 = h_0 - h_1$$

$$\Delta b_1 = b_1 - b_0$$

$$\Delta l_1 = l_1 - l_0$$

$$\Delta h_1 = 740 - 730 = 10 \text{ мм}$$

$$\Delta b_1 = 251,5 - 250 = 1,5 \text{ мм}$$

$$\Delta l_1 = 1007,653 - 1000 = 7,653 \text{ мм}$$

3. Визначимо відносну деформацію за кожним геометричним параметром:

$$\gamma = h_{i-1} / h_i$$

$$\beta = b_i / b_{i-1}$$

$$\mu = l_i / l_{i-1}$$

$$\gamma_1 = h_0 / h_1$$

$$\beta_1 = b_1 / b_0$$

$$\mu_1 = l_1 / l_0$$

$$\gamma_1 = 740 / 730 = 1,014$$

$$\beta_1 = 251,5 / 250 = 1,006$$

$$\mu_1 = 1007,653 / 1000 = 1,008$$

4. Проведемо аналогічні розрахунки за всіма проходами та результат запишемо у вигляді таблиці:

Таблиця – Зведені результати розрахунків

Початкові розміри, мм		Кількість проходів				
		1	2	3	4	5
h _i , мм	740	730	722,000	715,000	710,000	707,000
b _i , мм	250	251,5	251,9	252,5	253,3	254,3
l _i , мм	1000	1007,653	1017,200	1024,718	1028,675	1028,978
Δh _i , мм		10,000	8,000	7,000	5,000	3,000
Δb _i , мм		1,500	0,400	0,600	0,800	1,000
Δl _i , мм		7,653	9,547	7,518	3,957	0,303
ε		0,014	0,011	0,010	0,007	0,004
δ		0,006	0,002	0,002	0,003	0,004
v		0,008	0,009	0,007	0,004	0,000
γ		1,014	1,011	1,010	1,007	1,004
β		1,006	1,002	1,002	1,003	1,004
μ		1,008	1,009	1,007	1,004	1,000

5. Визначимо кінцеві показники деформації маючи на увазі, що заготовка одержала кінцеву деформацію ніби за один прохід:

$$\begin{aligned} \Delta h &= h_0 - h_5 & \Delta b &= b_5 - b_0 & \Delta l &= l_5 - l_0 \\ \Delta h &= 740 - 707 = & \Delta b &= 254,3 - 250 = & \Delta l &= 1028,978 - \\ &= 33 \text{ мм} & &= 4,3 \text{ мм} & &= 1028,978 - \\ & & & & &= -1000 = 28,978 \text{ мм} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varepsilon &= (h_0 - h_5)/h_0 & \delta &= (b_5 - b_0)/b_5 & v &= (l_5 - l_0)/l_0 \\ \varepsilon &= (740 - 707)/740 = & \delta &= (254,3 - 250)/254,3 = & v &= (1028,978 - \\ &= 0,045 & &= 0,017 & &= (1028,978 - \\ & & & & &= -1000)/1000 = \\ & & & & &= 0,029 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \gamma &= h_0/h_5 & \beta &= b_5/b_0 & \mu &= l_5/l_0 \\ \gamma &= 740/707 = 1,047 & \beta &= 254,3/250 = 1,017 & \mu &= 1028,978/1000 = \\ & & & & &= 1,029 \end{aligned}$$

6. Доповнемо таблицю отриманими результатами

Таблиця – Зведені результати розрахунків


Початкові розміри, мм		Кількість проходів					Кінцеві показники
		1	2	3	4	5	
hi, мм	740	730	722,000	715,000	710,000	707,000	
bi, мм	250	251,5	251,9	252,5	253,3	254,3	
li, мм	1000	1007,653	1017,200	1024,718	1028,675	1028,978	
Δhi , мм		10,000	8,000	7,000	5,000	3,000	33,000
Δbi , мм		1,500	0,400	0,600	0,800	1,000	4,300
Δli , мм		7,653	9,547	7,518	3,957	0,303	28,978
ε		0,014	0,011	0,010	0,007	0,004	0,045
δ		0,006	0,002	0,002	0,003	0,004	0,017
ν		0,008	0,009	0,007	0,004	0,000	0,029
γ		1,014	1,011	1,010	1,007	1,004	1,047
β		1,006	1,002	1,002	1,003	1,004	1,017
μ		1,008	1,009	1,007	1,004	1,000	1,029

Висновок

У результаті виконання розрахунків було визначено основні параметри деформації металу при поздовжній прокатці, а також встановлено закономірності зміни геометричних розмірів заготовки під час проходження між валками. Проведені обчислення показали, що в процесі прокатки товщина заготовки поступово зменшується, тоді як її довжина та ширина збільшуються відповідно до закону сталості об'єму металу.

Рекомендована література

1. Максименко О. П. Теорія процесів прокатного, трубного, ковальсько-пресового виробництва : навчальний посібник. Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 523 с.
2. Шифрін Є. І., Квітка Н. Ю. Методика визначення параметрів осередку деформації при поздовжній прокатці труб в калібрах // Теорія і практика металургії. 2020. № 3. С. 30–35.



ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 **АНАЛІЗ АВТОМАТИЧНОЇ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ** **ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ**

Мета роботи – сформувати теоретичні знання та практичні навички аналізу і розрахунку автоматичних систем регулювання технологічних процесів.

Короткі теоретичні відомості

значною мірою визначається не лише правильною побудовою структури системи, але й обґрунтованим вибором технічних засобів автоматизації. Саме вони забезпечують зв'язок між фізичними параметрами технологічного процесу та керуючими діями системи.

У будь-якій автоматизованій системі управління технологічним процесом первинна інформація про стан об'єкта формується за допомогою датчиків, які перетворюють фізичні величини (температуру, тиск, швидкість тощо) у зручний для обробки електричний сигнал. Однак цей сигнал зазвичай є малим за величиною і потребує підсилення та перетворення, що реалізується за допомогою підсилювачів і вимірювальних перетворювачів.

Завершальним етапом є формування керуючого впливу на об'єкт управління за допомогою виконавчих механізмів, які забезпечують безпосередню зміну параметрів процесу.

Правильний вибір датчиків, підсилювачів і виконавчих пристроїв є ключовою умовою забезпечення точності, швидкодії та стійкості систем автоматичного регулювання, що особливо важливо для сучасних металургійних виробництв із високими вимогами до якості та енергоефективності процесів.

Таблиця 2 відображає основні технічні засоби автоматизації, що використовуються у промислових системах керування технологічними процесами. Представлено широкий спектр вимірювальних приладів, виконавчих механізмів та елементів обробки сигналів, які забезпечують контроль, регулювання та підтримання стабільної роботи обладнання. Особливу увагу приділено датчикам температури, тиску, швидкості та деформації, оскільки саме ці параметри є ключовими для ефективного функціонування металургійних і машинобудівних установок.

Таблиця демонструє взаємозв'язок між контрольованими параметрами та технічними засобами, що застосовуються для їх вимірювання і регулювання. Використання підсилювачів, контролерів та перетворювачів сигналів забезпечує точну обробку інформації та формування керуючих впливів, а виконавчі механізми — електроприводи, пневматичні й гідравлічні приводи — реалізують необхідні технологічні дії. Комплексне застосування наведених засобів автоматизації дозволяє підвищити точність керування процесами,

надійність роботи обладнання, продуктивність виробництва та рівень промислової безпеки.

Таблиця 2 – Технічна засоби автоматизації

Прилад / елемент	Контрольований параметр	Обґрунтування вибору
Термопара	Температура	Забезпечує роботу в широкому діапазоні високих температур (до 1200–1600 °С), має високу швидкодію, придатна для умов нагрівальних печей
Термоспротив (RTD)	Температура	Висока точність вимірювання, доцільний для середніх температур, використовується там, де важлива стабільність показів
Тензодатчик	Тиск / навантаження	Висока чутливість до механічних деформацій, застосовується для контролю сили, тиску, маси
Тахогенератор	Швидкість	Формує електричний сигнал, пропорційний швидкості, простий у реалізації та надійний
Тензорезистор	Навантаження / деформація	Використовується у вимірювальних мостах, забезпечує точне перетворення механічних величин у електричні
Підсилювач	Електричний сигнал (мВ → В)	Забезпечує підсилення слабких сигналів датчиків до рівня, придатного для подальшої обробки та керування
Підсилювач із зворотним зв'язком	Електричний сигнал	Підвищує стабільність та точність системи, зменшує вплив шумів і похибок
Регулятор (контролер)	Сигнал відхилення	Формує керуючу дію на основі різниці між заданим і фактичним значенням параметра
Електродвигун	Положення / переміщення	Забезпечує перетворення електричного сигналу у механічний рух, використовується у приводах
Регулюючий клапан	Витрата газу / рідини	Дозволяє змінювати подачу робочого середовища, безпосередньо впливає на параметри процесу
Електропривід клапана	Положення клапана	Забезпечує точне і автоматичне керування відкриттям/закриттям клапана
Пневматичний привід	Положення механізму	Використовується у важких умовах, забезпечує високу надійність і швидкодію
Гідравлічний привід	Сила / переміщення	Забезпечує великі зусилля, використовується у важких промислових механізмах
Перетворювач сигналу (АЦП)	Аналоговий → цифровий сигнал	Забезпечує обробку сигналу в цифрових системах управління
Датчик тиску	Тиск	Забезпечує контроль параметрів газу або рідини в системі

Завдання: відповідно до варіанту (табл. 3) за списком у журналі проаналізувати технологічний об'єкт управління системи регулювання температури та визначити параметри системи.

Таблиця 3 – Вихідні дані до практичної роботи 4

Варіант	Задана температура, °C	Фактична температура, °C	Діапазон вимірювання датчика, °C	Вихідний сигнал датчика, мВ	Вхід підсилювача, мВ	Вихід підсилювача, В	Діапазон відкриття клапана, %
1	980	940	0–1200	0–60	0–60	0–10	0–100
2	1000	960	0–1200	0–60	0–60	0–12	0–100
3	1050	1010	0–1300	0–65	0–65	0–10	0–100
4	900	870	0–1100	0–55	0–55	0–10	0–100
5	1100	1060	0–1300	0–65	0–65	0–12	0–100
6	970	930	0–1200	0–60	0–60	0–8	0–100
7	1020	990	0–1300	0–65	0–65	0–10	0–100
8	880	850	0–1000	0–50	0–50	0–10	0–100
9	1150	1100	0–1400	0–70	0–70	0–12	0–100
10	930	900	0–1200	0–60	0–60	0–9	0–100

Приклад розв'язку завдання

Вихідні дані:

У нагрівальній печі необхідно підтримувати температуру металу на рівні $t_{зад} = 950^{\circ}C$.

У системі автоматичного регулювання використовуються:

- датчик температури — термopара;
- підсилювач;
- виконавчий механізм — електропривід регулюючого

газового клапана.

Відомо:

- Діапазон вимірювання температури: 0...1200 °C
- Вихідний сигнал термopари: 0...60 мВ
- Вхідна напруга підсилювача: 0...60 мВ
- Вихідна напруга підсилювача: 0...10 В
- Виконавчий механізм: при зміні вхідного сигналу від 0 до 10

В забезпечує повне відкриття клапана від 0 до 100 %

- Фактична температура в печі: $t_{ф} = 920^{\circ}C$

Визначити:

- коефіцієнт перетворення датчика.
- коефіцієнт підсилення підсилювача.
- коефіцієнт передачі виконавчого механізму.
- сигнал датчика при фактичній температурі.
- сигнал датчика при заданій температурі.
- різницю сигналів.
- підсилений сигнал.
- зміну положення клапана.
- похибку регулювання.

1. Аналіз технологічного об'єкта управління

1.1. Технологічний об'єкт управління. Технологічним об'єктом управління є нагрівальна піч. Саме в ній відбувається технологічний процес нагрівання металу, а система автоматизації повинна підтримувати необхідний температурний режим.

1.2. Регульована величина. Регульованою величиною є температура в печі t , °C.

1.3. Керуючий вплив. Керуючим впливом є зміна подачі газу через регулюючий клапан. Чим більше відкритий клапан, тим більше палива надходить до печі, а отже, температура зростає.

1.4. Збурюючі впливи: До збурень можна віднести:

- зміну температури металу на вході;
- зміну маси садки;
- коливання тиску газу;
- теплові втрати через стінки печі;
- відкривання дверцят печі.

1.5. Принцип дії системи. Термопара безперервно вимірює температуру в печі. Отриманий сигнал передається до підсилювача і далі до регулятора. Регулятор порівнює фактичне значення температури із заданим. Якщо фактична температура нижча за задану, система подає команду на більше відкриття клапана, збільшуючи подачу газу. Якщо температура вища за задану, подача газу зменшується.

2. Розрахунок параметрів елементів системи

2.1. Коефіцієнт перетворення датчика температури

Коефіцієнт перетворення датчика визначається як відношення зміни вихідного сигналу до зміни температури:

$$K_{\partial} = \frac{\Delta U_{\partial}}{\Delta t} = \frac{60}{1200} = 0,05 \text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$$

де: $\Delta U_{\partial} = 60 \text{ мВ}$ (мілівольт) — максимальний вихідний сигнал датчика; $\Delta t = 1200^{\circ}\text{C}$ — діапазон температур.

Це означає, що при зміні температури на 1°C сигнал терморезистора змінюється на $0,05 \text{ мВ}$.

2.2. Коефіцієнт підсилення підсилювача

Коефіцієнт підсилення визначається як:

$$K_{\pi} = \frac{U_{\text{вих}}}{U_{\text{вх}}} = \frac{10}{0,06} = 166,67$$

де: $U_{\text{вих}} = 10 \text{ В}$, $U_{\text{вх}} = 60 \text{ мВ} = 0,06 \text{ В}$

Це означає, що сигнал збільшується у $166,67$ разів.

2.3. Коефіцієнт передачі виконавчого механізму
Виконавчий механізм змінює відкриття клапана від 0 до 100 % при
вхідному сигналі від 0 до 10 В.
Тоді коефіцієнт передачі:

$$K_{\text{вм}} = \frac{100}{10} = 10\%/V$$

Це означає, що збільшення сигналу на 1 В відкриває клапан на 10 %.

2.4. Загальний коефіцієнт передачі системи
Загальний коефіцієнт передачі можна подати як добуток коефіцієнтів окремих елементів:

$$K_{\text{сист}} = K_{\text{д}} \cdot K_{\text{л}} \cdot K_{\text{вм}} = 0,05 \cdot 166,67 \cdot 10 = 83,34\%/^{\circ}C$$

Це означає, що якщо температура зміниться на 1°C, то система змінить відкриття клапана приблизно на 83,34%.

3. Визначення сигналів у системі при фактичній температурі

3.1. Сигнал датчика при фактичній температурі

Фактична температура: $t_{\text{ф}} = 920^{\circ}C$

Сигнал термопар:

$$U_{\text{д.ф}} = K_{\text{д}} \cdot t_{\text{ф}} = 0,05 \cdot 920 = 46 \text{ мВ}$$

Це означає, що термопара буде видавати сигнал у 46 мВ при фактичній температурі в печі в 920°C.

3.2. Сигнал датчика при заданій температурі

Задана температура: $t_{\text{зад}} = 950^{\circ}C$

Сигнал термопар:

$$U_{\text{д.зад}} = K_{\text{д}} \cdot t_{\text{зад}} = 0,05 \cdot 950 = 47,5 \text{ мВ}$$

Це означає, що термопара буде видавати сигнал у 47,5 мВ при температурі в печі в 950°C

3.3. Різниця сигналів

Відхилення за сигналом датчика:

$$\Delta U = U_{\text{д.зад}} - U_{\text{д.ф}} = 47,5 - 46 = 1,5 \text{ мВ} = 0,0015 \text{ В}$$

Це означає, що система “бачить”: потрібно 47,5 мВ, є 46 мВ, не вистачає 1,5 мВ

3.4. Після підсилювача
Підсилений сигнал відхилення:

$$U_{\pi} = \Delta U \cdot K_{\pi} = 0,0015 \cdot 166,67 = 0,25 \text{ В}$$

Це означає, що сигнал, який реально подається на привід буде складати 0,25 В (а не 0,0015 В)

3.5. Зміна положення виконавчого механізму
Визначимо, на скільки зміниться відкриття клапана:

$$\Delta \alpha = U_{\pi} \cdot K_{\text{ем}} = 0,25 \cdot 10 = 2,5\%$$

Отже, оскільки температура нижча за задану, система повинна додатково відкрити клапан на 2,5 %.

4. Визначення похибки регулювання
Похибка регулювання:


$$\varepsilon = \frac{t_{\text{зад}} - t_{\text{ф}}}{t_{\text{зад}}} \cdot 100\% = \frac{950 - 920}{950} \cdot 100\% = 3,16\%$$

Висновок

У ході виконання практичної роботи було проаналізовано автоматичну систему регулювання температури в нагрівальній печі. Було визначено коефіцієнт перетворення датчика температури, коефіцієнт підсилення підсилювача, коефіцієнт передачі виконавчого механізму та загальний коефіцієнт передачі системи. Розрахунки показали, що за фактичної температури 920°C система формує команду на додаткове відкриття клапана на 2,5%, що забезпечує наближення температури до заданого значення 950°C. Похибка регулювання склала 3,16%.

Рекомендована література

1. Воробйова О. М., Флейта Ю. В. Технічні засоби автоматизації : навчальний посібник. Одеса : ОНАЗ ім. О. С. Попова, 2020. 208 с
2. Тичков В. В., Гальченко В. Я., Трембовецька Р. В., Базіло К. В. Автоматизація виробничих процесів. Технічні засоби автоматизації : навчально-методичний посібник до практичних робіт. Черкаси : ЧДТУ, 2020. 321 с.



ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

АНАЛІЗ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ДЛЯ КОНСТРУЮВАННЯ ТИПОВИХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Мета роботи – ознайомитися з вимогами нормативних документів і міжнародних стандартів для конструювання типових схем автоматизації.

Короткі теоретичні відомості

Нормативні документи (міжнародні та національні/державні стандарти) є основою проектування сучасних систем автоматизації. Вони регламентують безпечність, надійність, електромагнітну сумісність, правила побудови схем і використання ПЛК. Дотримання стандартів дозволяє створювати ефективні та безпечні мехатронні й робототехнічні системи.

Типова схема автоматизації — це стандартизоване графічне та функціональне рішення для автоматичного керування певним технологічним процесом або обладнанням. Типова схема автоматизації — це «готовий шаблон» системи керування, який можна багаторазово застосовувати для схожих об'єктів: насосних станцій; конвеєрів; вентиляції; роботизованих вузлів; систем освітлення; електроприводів тощо.

Міжнародні стандарти розробляються міжнародною організацією International Electrotechnical Commission (IEC) для: електрообладнання; автоматизації; систем керування; програмованих контролерів.

Організація була створена у 1906 році для уніфікації технічних вимог до електротехнічного обладнання у різних країнах світу. Зараз міжнародні стандарти IEC є основою сучасної автоматизації, мехатроніки та робототехніки. Вони регламентують проектування, програмування, безпечність та експлуатацію електротехнічних і автоматизованих систем, забезпечуючи їхню надійність та сумісність у міжнародному середовищі.

Таблиця 4 містить основні міжнародні стандарти IEC, які широко застосовуються у сфері автоматизації, електрообладнання та промислових систем керування. У таблиці представлено призначення стандартів, їх основні вимоги та переваги використання у сучасних технічних системах. Дані стандарти забезпечують уніфікацію підходів до проектування, експлуатації та обслуговування автоматизованого обладнання, а також підвищують рівень безпеки й надійності виробничих процесів.


Стандарт IEC 61131 визначає вимоги до програмованих логічних контролерів, мов програмування та обміну даними, що забезпечує сумісність і масштабованість систем автоматизації. IEC 60204-1 регламентує вимоги безпеки електрообладнання машин, включаючи захист від перевантажень, заземлення та аварійне вимкнення. IEC

61000 встановлює норми електромагнітної сумісності, які забезпечують стійкість обладнання до електромагнітних завад і стабільну роботу систем. Стандарт IEC 61508 спрямований на забезпечення функціональної безпеки електричних та електронних систем і використовується для оцінювання ризиків та визначення рівнів безпеки SIL.

Таблиця 4 – Характеристика деяких міжнародних стандартів IEC

Стандарт	Назва	Призначення	Основні вимоги	Переваги
IEC 61131	Програмовані контролери	Стандарт для програмованих логічних контролерів (ПЛК)	Встановлює архітектуру програмованих логічних контролерів (ПЛК), мови програмування, вимоги до інтерфейсів та обміну даними	Уніфікація, сумісність, надійність, масштабованість, зручність
IEC 60204-1	Безпека машинного обладнання	Електрообладнання машин. Загальні вимоги	Регламентує електробезпеку, заземлення, аварійне вимкнення, маркування та захист від перевантажень	Підвищення безпеки, уніфікація, надійність, простота обслуговування, відповідність міжнародним вимогам
IEC 61000	Електромагнітна сумісність (ЕМС)	Вимоги до електромагнітної сумісності обладнання	Визначає стійкість обладнання до завад, допустимі рівні електромагнітного випромінювання, методи захисту	Стабільність, надійність, безпечність, сумісність, якість сигналів
IEC 61508	Функціональна безпека	Стандарт функціональної безпеки електричних, електронних та програмованих систем	Використовується для систем безпеки в АСУТП, оцінювання ризиків, визначення рівнів SIL	Безпечність, надійність, контроль ризиків, сумісність, якість систем

Застосування міжнародних стандартів IEC є необхідною умовою створення сучасних автоматизованих систем, оскільки вони забезпечують безпечність, надійність, сумісність обладнання та відповідність міжнародним вимогам.



Національні нормативні документи України у сфері автоматизації, електротехніки та промислового обладнання базуються на системі державних стандартів ДСТУ. В Україні широко застосовуються стандарти ДСТУ ІЕС, які є адаптованими версіями міжнародних стандартів ІЕС, а також стандарти ДСТУ EN, гармонізовані з європейськими нормами EN. Окрім цього, у різних галузях промисловості використовуються галузеві стандарти та технічні нормативи, що враховують особливості конкретних виробничих процесів і обладнання.

Гармонізація українських стандартів із міжнародними та європейськими вимогами забезпечує сумісність обладнання, підвищення рівня безпеки, надійності та якості автоматизованих систем. Використання таких нормативних документів дозволяє підприємствам впроваджувати сучасні технології, забезпечувати відповідність продукції міжнародним вимогам і спрощувати інтеграцію обладнання у глобальні виробничі та інформаційні системи. Крім того, стандарти ДСТУ регламентують вимоги до проектування, монтажу, експлуатації та технічного обслуговування систем автоматизації, що сприяє стабільній і безпечній роботі промислових об'єктів.

Що дає виконання стандартів:

- Підвищення безпеки (захист людей, обладнання та навколишнього середовища).
- Надійність та ефективність (стабільна робота та продуктивність систем).
- Сумісність та інтеграція (легке поєднання обладнання та систем різних виробників).
- Відповідність законодавству та сертифікація (можливість виходу на міжнародний ринок).
- Економічна ефективність (менше помилок, простоїв та витрат на обслуговування).

Завдання: на основі теоретичної частини та самостійного аналізу зробити висновок (5-10 речень) про актуальність та доцільність використання нормативних документів при конструюванні типових схем автоматизації

Рекомендована література

1. International Electrotechnical Commission (IEC). IEC Webstore : база міжнародних стандартів ІЕС. URL: [IEC Webstore](#)
2. ДП «УкрНДНЦ». Каталог національних стандартів України : вебсайт. URL: [УкрНДНЦ Каталог стандартів](#)
3. Budstandart. ДСТУ EN ІЕС 62443-3-2:2022 Безпека систем промислової автоматизації та управління : електронний ресурс. URL: [ДСТУ EN ІЕС 62443-3-2:2022](#)



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ЗАВДАНЬ

Загальні положення

Індивідуальне завдання (ІЗ) виконується з метою поглибленого самостійного вивчення окремих теоретичних та практичних питань навчальної дисципліни. Завдання складається з двох частин, які оцінюються комплексно.

1 частина – письмова робота (реферат), який розкриває зміст обраної теми; оцінюється від 0-5 балів;

2 частина – публічна презентація ключових положень реферату на семінарському занятті; оцінюється від 0-10 балів;

Вимоги до оформлення «Реферату»

Реферат має бути оформлений відповідно до стандартів наукових робіт і повинен мати чітку структуру.

Рекомендована структура реферату:

- Титульний аркуш;
- Зміст;
- Вступ (1 сторінка);
- Основна частина (5-8 сторінок);
- Висновки (1-2 сторінки)
- Перелік посилань (не менше 3 джерел);

Формат аркушу А4, односторонній друк.

Поля: верхнє, нижнє – 20 мм; ліве – 30 мм; праве – 10 мм.

Шрифт: Arial, розмір 14 пт.

Абзац звичайного тексту вирівнювання по-ширині; міжрядковий інтервал полуторний 1,5.

Нумерація сторінок наскрізна, починаючи з титульного аркуша (на якому номер не ставиться), номер ставиться у правому верхньому куті.


Приклад оформлення титульного аркушу Реферату наведено в Додатку А.

Зміст складається з перелік усіх розділів, підрозділів та додатків із зазначенням їхніх початкових сторінок, починаючи зі ВСТУПУ.

Вступ має об'єм 1-2 сторінки. У вступі наводиться обґрунтування актуальності теми реферату, визначення мети та завдань роботи.

Основна частина може поділятися на 2-3 логічні розділи та підрозділи. Основна частина містить аналіз літературних джерел, розкриття теоретичних положень та практичного матеріалу.

Реферат має бути авторською роботою. **Категорично забороняється плагіат** (дослівне або приховане копіювання чужого тексту без належного цитування). Використання генеративних моделей Штучного Інтелекту (ШІ) для написання або генерації основного змісту тексту реферату не допускається. ШІ може бути використаний лише для допоміжних цілей (наприклад, пошук літератури, перевірка граматики,



форматування цитат), за умови, що це обов'язково зазначається у вступі або примітках до роботи.

Вимоги до підготовки «Доповіді»

Доповідь є стислою, логічною та публічною презентацією ключових результатів аналізу літературних джерел викладених у тексті реферату.

Вимоги до змісту доповіді

- Тривалість: до 5 хвилин.
- Стислість: Охоплення лише найбільш важливих аспектів теми.
- Логіка: Чітка послідовність викладу: актуальність → мета/завдання → основні результати → висновки.


Вимоги до презентації (Слайди)

Для візуалізації матеріалу необхідно підготувати презентацію за допомогою стандартного програмного забезпечення MicroSoft Office PowerPoint.

Орієнтовний перелік тем індивідуальних завдань №1 та №2 наведено нижче. Студент може обрати тему на свій розсуд, або запропонувати свою за попереднім погодженням з викладачем.


Перелік тем індивідуальних завдань №1

1. Технологічні основи агломерації залізорудної сировини
2. Сучасні агломераційні машини: конструкція та принцип дії
3. Вплив гранулометричного складу шихти на якість агломерату
4. Температурні режими та процеси горіння в аглошарі
5. Енергоефективність агломераційного процесу та шляхи її підвищення
6. Екологічні аспекти агломераційного виробництва (викиди, пил, гази)
7. Доменна піч: будова, профіль та функціональні зони
8. Фізико-хімічні процеси в доменній печі
9. Використання альтернативних відновників (PCI, водень) у доменному виробництві
10. Автоматизація та цифровізація аглодоменного виробництва
11. Киснево-конвертерний процес: технологія та обладнання
12. Використання металобрухту в конвертерному виробництві
13. Електродугові печі: принцип роботи та сучасні тенденції розвитку
14. Позапічна обробка сталі: цілі, методи та обладнання

- 
15. Дегазація сталі у вакуумі: технологія та ефективність
 16. Процеси рафінування сталі від неметалевих включень
 17. Безперервне лиття заготовок: технологія та переваги
 18. Вплив хімічного складу на властивості сталі
 19. Теплові та масообмінні процеси у сталеплавильних агрегатах
 20. Декарбонізація сталеплавильного виробництва та «зелена сталь»
 21. Основи теорії пластичної деформації металів при прокатці
 22. Гаряча прокатка сталі: технологія та обладнання
 23. Холодна прокатка: особливості процесу та отримувані властивості
 24. Конструкція та типи прокатних станів
 25. Силкові та енергетичні параметри прокатки
 26. Дефекти прокату: причини виникнення та способи усунення
 27. Вплив режимів прокатки на структуру та властивості металу
 28. Автоматизація прокатного виробництва
 29. Сучасні тенденції розвитку прокатних технологій (тонколистовий прокат, мікролегування)
 30. Цифрові двійники та моделювання процесів прокатки

Перелік тем індивідуальних завдань №2

1. Ієрархічна структура АСУТП у металургійному виробництві: рівні управління та їх взаємодія
2. Методи оптимального управління технологічними процесами в АСУТП
3. Інтелектуальні системи регулювання: нечітка логіка та нейромережеві підходи
4. Адаптивні системи автоматичного регулювання в умовах змінних технологічних режимів
5. Системи автоматичного контролю якості продукції в металургії
6. Критерії ефективності АСУТП: техніко-економічні та енергетичні аспекти
7. Надійність та відмовостійкість автоматичних систем управління
8. Сучасні датчики технологічних параметрів: принципи роботи та області застосування
9. Інтелектуальні сенсори (Smart Sensors) у промисловій автоматизації
10. Тензометричні системи вимірювання навантажень у прокатному виробництві

- 
11. Системи вимірювання температури в аглодоменних і сталеплавильних процесах
 12. Виконавчі механізми в АСУТП: електромеханічні, гідравлічні та пневматичні системи
 13. Підсилювачі сигналів у вимірювальних системах: вплив зворотного зв'язку на точність
 14. Інтеграція датчиків та виконавчих пристроїв у єдину систему керування
 15. Цифрові двійники технологічних процесів та їх реалізація
 16. Побудова комплексної АСУТП для прокатного стану
 17. Автоматизація енергоспоживання в металургійних процесах
 18. Інтелектуальна діагностика стану обладнання на основі даних АСУТП
 19. Використання машинного навчання в системах керування технологічними процесами

Додаток А

Приклад оформлення титульного листа індивідуального завдання



ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»

Департамент фахової передвищої освіти

Індивідуальне завдання _____

на тему _____

Виконав:

студент групи _____

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Прийняв:

Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Запоріжжя 202_

Додаток Б

Приклади оформлення бібліографічних посилань

Хар-ка джерела	Приклад оформлення
Книги: Один автор	<ol style="list-style-type: none"> 1. Дичківська О. О. Інноваційний менеджмент: конспект лекцій. Київ : ДІА, 2018. 82 с. 2. Бондаренко В. Г. Історія України. Львів, 2017. 153 с. 3. Лазор О. Я. Державне управління у сфері реалізації екологічної політики в Україні: організаційно-правові засади: монографія. Львів : Ліга-Прес, 2003. 542 с. 4. Ваш О. М. Етика : навч.-метод. посіб. Запоріжжя: ЗНУ, 2018. 104 с. 5. Гурманова Л. І. Релігієзнавство: навч. посіб. 2-ге вид., переробл. та допов. Київ : ЦУЛ, 2017. 193 с.
Два автори	<ol style="list-style-type: none"> 1. Мартиненко З. Е., Макар І. В. Управління підприємством: теоретико-методичні засади: монографія. Харків: Щедра садиба плюс, 2017. 296 с. 2. Палеха В. І., Карпова П. В. Менеджмент організацій: навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2015. 120 с. 3. Білоус С. І., Корнійчук В. П. Філософія освіти: навч.-метод. посіб. Переяслав-Хмельницький, 2016. 176 с. 4. Мороз І. С., Василенко Н. Ю. Маркетинг: конспект лекцій. Київ : Молодь, 2016. 102 с. 5. Вердіна С. А., Волков А. А. Контролінг: навч. посіб. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 131 с. 6. Вердіна С. А., Волков А. А. Контролінг: навч. посіб. Вид. 3-тє., переробл. та допов. Херсон, 2017. 212 с.
Три автори	<ol style="list-style-type: none"> 1. Тарнавська Г. Я., Марценюк Н. С., Герасимова Т. М. Фінанси: навч. посіб. Львів : Магнолія 2006, 2017. 412 с. 2. Пустовенко В. В., Максименко І. Л., Яким А.С. Безпека життєдіяльності: монографія. Харків : ХНПУ, 2017. 348 с.
Чотири автори	<ol style="list-style-type: none"> 1. Інновації: навч. посіб. / Гуревич Д. Т., Чекан О. С., Грибан О. М., Макарова В. В. Запоріжжя: ЗНУ, 2016. 389 с. 2. Вища математика: конспект лекцій / Ткачук Т.С. та ін. Київ, 2015. 82 с.
П'ять і більше авторів	<ol style="list-style-type: none"> 1. Операційний менеджмент: підручник / С. М. Поплавська та ін. Київ: ЦУЛ, 2011. 267 с. 2. Охорона праці: навч. посіб. / О. І. Подольська та ін. 2-ге вид. Київ: ЦУЛ, 2017. 264 с. 3. Науково-практичний коментар Цивільного кодексу України: станом на 10 жовт. 2017 р. / К. І. Мягченко та ін.; за заг. ред. І. М. Ливанова. Київ : ЦУЛ, 2017. 428 с.
Автор(и) та редактор(и)/упорядники	<ol style="list-style-type: none"> 1. Веретенко В. В. Міжнародний маркетинг: монографія / за заг. наук. ред. В. М. Марценюка. Київ, 2015. 374 с. 2. Бутенко М. П., Качур В. П., Петренко С. В. Психологія: навч. посіб. / за ред. М. П. Дутко. Київ: ЦУЛ, 2017. 332 с.

Без автора	<ol style="list-style-type: none"> 1. 30 років історичному факультету: історія та сьогодення (1986-2016): ювіл. вип. / під заг. ред. В. В. Черепані. Запоріжжя : ЗНУ, 2016. 340 с. 2. Етнографія : конспект лекцій / за заг. ред. В. І. Гарапка; уклад. А. І. Гарапка. Київ: ЦУЛ, 2018. 320 с. 3. Міжнародні відносини: монографія / за ред. М. А. Березовського. Київ: ЦУЛ, 2016. 162 с. 4. Міжнародні економічні відносини: навч. посіб. / за ред.: П. О. Бедрія, О. О. Петренка. Одеса: ОНУ, 2015. 306 с. 5. Науково-практичний коментар Цивільного кодексу України / за заг. ред. Т. А. Тарнавського. Київ: ЦУЛ, 2016. 186 с. 6. Підготовка фахівців у ВНЗ в умовах реформування вищої освіти: матеріали Всеукр. наук.-практ. конф., м. Мукачево, 4-5 жовт. 2018 р. Мукачево: МДУ, 2018. 226 с. 7. Освіта в Україні: виклики модернізації: зб. наук. пр. / редкол.: П. М. Марценюк (відп. ред.) та ін. Київ: Ін-т всесвітньої історії НАН України, 2017. 319 с. 8. Товарознавство / упоряд. В. Олексик. Київ, 2014. 804 с.
Багатотомні видання	<ol style="list-style-type: none"> 1. Енциклопедія рослин / редкол.: І. М. Деркач та ін. Київ : ЦУЛ, 2016. Т. 8. 812 с. 2. Безруков В. Д. Поезія: у 2 т. / ред. вид.: Л. Р. Мороз, А. Р. Мягченко; авт. вступ. ст. А. В. Сипіна. Київ; Мелітополь: НПУ ім. М. Драгоманова; МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2016. Т. 2. 206 с. 3. Новицький О. М. Твори: о 4 т. / ред. вид.: Н. Г. Мозгова, А. Г. Волков; авт. вступ. ст. Н. Г. Мозгова. Київ; Мелітополь: НПУ ім. М. Драгоманова; МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2017. Т. 1. 382 с. 4. Бюджетна система України: історія, стан та перспективи: у 3 т. / Акад. прав. наук України. Львів: Право, 2012. Т. 2 : Бюджетний менеджмент / заг. ред. Ю. П. Бубряка. 476 с. 5. Кучеренко Н. П. Казначейська справа : в 6 т. Київ: Право, 2016. Т. 3: Контроль у системі Державного казначейства. 432 с. 6. Дендрофлора України. В 12 т. Т. 2. Дикорослі та культивовані дерева і кущі. Вип. 1. Покритонасінні / Л.І. Перхоменко. Київ: Наукова думка, 2012. 200 с.
Автореферати дисертацій	<ol style="list-style-type: none"> 1. Петров О. Г. Музикотерапія : автореф. дис. ... канд. псих. наук : 12.00.06. Київ, 2009. 40 с.
Дисертації	<ol style="list-style-type: none"> 1. Петрук Л. А. Дослідження статичного деформування складених тіл: дис. ... канд. фіз.-мат. наук : 01.02.04. Львів, 2004. 140 с. 2. Винниченко О. М. Контроль соціально-економічного розвитку промислових підприємств: дис. ... д-ра екон. наук : 08.00.04. Київ, 2018. 344 с.
Законодавчі та нормативні документи	<ol style="list-style-type: none"> 1. Конституція України: офіц. текст. Київ: КМ, 2015. 98 с. 2. Конституція України: станом на 1 жовтня 2017 р. / Верховна Рада України. Київ : Право, 2017. 93 с. 3. Про вищу освіту: Закон України від 05.09.2016 р. № 2145-VIII. Голос України. 2016. 27 верес. (№ 178-179). С. 10–22.

Законодавчі та нормативні документи	<p>4. Податковий кодекс України: Закон України від 19.05.2011 р. № 3393-VI. Відомості Верховної Ради України. 2011. № 48-49. Ст. 536.</p> <p>5. Про освіту: Закон України від 01.07.2014 р. № 1556-VII. Дата оновлення: 28.09.2018. URL:http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/1556-18 (дата звернення: 15.11.2018).</p> <p>6. Питання соціального забезпечення: Постанова Кабінету Міністрів України від 28.12.2017 р. № 1060. Офіційний вісник України. 2018. № 5. С. 430–443.</p> <p>7. Про інформування громадськості з питань євроатлантичної інтеграції України на 2019-2020 роки: Указ Президента України від 21.02.2018 р. № 43/2018. Урядовий кур'єр. 2018. 23 лют. (№ 35). С. 10.</p> <p>8. Про затвердження Вимог до оформлення кандидатської дисертації: наказ Міністерства освіти і науки від 12.01.2018 р. № 50. Офіційний вісник України. 2018. № 25. С. 139–141.</p> <p>9. Інструкція щодо порядку оформлення і ведення особових справ отримувачів усіх видів соціальної допомоги: затв. наказом М-ва. праці та соц. політики від 19.09.2006 р. № 156. Баланс-бюджет. 2006. 19 верес. (№ 18). С. 15–16.</p>
Архівні документи	<p>1. Лист Голови Спілки «Первоцвіт» Г. Ф. Петренка на ім'я Голови Ради Міністрів УРСР В. А. Поповича щодо реєстрації Статуту Спілки та сторінки Статуту. 14 грудня 1989 р. ЦДАГО України (Центр. держ. архів громад. об'єднань України). Ф. 1. Оп. 32. Спр. 2612. Арк. 63, 64 зв., 71.</p>
Патенти	<p>1. Зернозбиральний комбайн: пат. 25742 Україна: МПК6 C09K11/00, G01T1/28, G21H3/00. № 200701472; заявл. 12.02.07; опубл. 27.08.07, Бюл. № 13. 4 с.</p> <p>2. Спосіб лікування гіперактивності у дітей: пат. 76509 Україна. № 2004042416; заявл. 01.04.2004; опубл. 01.08.2006, Бюл. № 8 (кн. 1). 120 с.</p>
Препринти	<p>1. Марченко М. І., Кополович А. Д., Яким Б. М. Про точність визначення радіоактивних відходів гамма-методами. Чорнобиль : Ін-т з проблем безпеки АЕС НАН України, 2006. 7, [1] с. (Препринт. НАН України, Ін-т проблем безпеки АЕС; 06-1).</p> <p>2. Федорченко Б. А., Смотрич В. Н. Радіаційне пошкодження матеріалів нейтронами джерела ННЦ ХФТІ/ANL USA з підкритичним складанням, що керується прискорювачем електронів. Харків: ННЦ ХФТІ, 2006. 19 с.: Іл., табл. (Препринт. НАН України, Нац. наук. центр «Харк. фіз.-техн. ін-т»; ХФТІ2006-4).</p>
Стандарти	<p>1. ДСТУ 7152:2010. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 2010-02-18]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с. (Інформація та документація).</p> <p>2. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила (ISO 4:1984, NEQ; ISO 832:1994, NEQ). [На заміну ДСТУ3582-97; чинний від 2013-08-22]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 15 с. (Інформація та документація).</p>

Стандарти	<ol style="list-style-type: none"> 3. ДСТУ 7152:2010. Видання. Оформлення публікацій у журналах і збірниках. [Чинний від 2010-02-18]. Вид. офіц. Київ, 2010. 16 с. (Інформація та документація). 4. ДСТУ ISO 6107-1:2004. Якість води. Словник термінів. Частина 1 (ISO 6107-1:1996, IDT). [Чинний від 2005-04-01]. Вид. офіц. Київ : Держспоживстандарт України, 2006. 181 с. 5. ДСТУ 3582:2013. Бібліографічний опис. Скорочення слів і словосполучень українською мовою. Загальні вимоги та правила (ISO 4:1984, NEQ; ISO 832:1994, NEQ). [На заміну ДСТУ3582-97; чинний від 2013-08-22]. Вид. офіц. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 15 с. (Інформація та документація).
Каталоги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Прокопенко І. П. Каталог рослин для робіт з екодизайну / Донець. ботан. садок НАН України. Донецьк: Лебідь, 2005. 228 с. 2. Історична спадщина України : кат. вист. / Харків. держ. наук. б-ка ім. В. Г. Короленка; уклад.: Л. І. Петров, О. В. Олійник. Харків, 2000. 64 с. 3. Пам'ятки історії та мистецтва Закарпатської області: кат.-довід. / авт.-упоряд.: М. Петрик та ін.; Упр. культури Закарпат. облдержадмін., Закарпат. іст. музей. Ужгород, 2003. 160 с.
Бібліографічні покажчики	<ol style="list-style-type: none"> 1. Боротьба з злочинністю: нагальна проблема сучасності: бібліогр. покажч. Вип. 3 / уклад.: О. В. Куріпта, відп. за вип. Н. М. Щур; Запорізький національний університет. Запоріжжя, 2017. 60 с. 2. Іван Марченко : біобібліогр. покажч. / уклад. В. Петрик. Львів: Вид. центр ЛНУ ім. І. Франка, 2003. 356 с. (Українська біобібліографія ; ч. 9).
<p>Аналітичний бібліографічний запис Складова частина видання (глави, розділу, статті) розділовий знак «дві навскісні риски» («//») можна замінювати крапкою, а відомості про документ (його назву), виділяти шрифтом (наприклад, <i>курсивом</i>).</p>	
Частина видання: книги	<ol style="list-style-type: none"> 1. Петренко М. А. Міжнародне право та роль Конституційного Суду України // Максим Петренко: право як буття вченого: зб. наук. пр. до 60-річчя проф. М. А. Петренко / упоряд. та відп. ред. Ю. О. Волошин. К., 2009. С. 477-493. 2. Якса А. П. Економічна політика держави. Двадцять п'ять років з економічним правом : вибрані праці. Харків, 2017. С. 205–212. 3. Корнійчук Т. О. Методи активізації навчально-пізнавальної діяльності. Педагогіка : навч. посіб. / за заг. ред. Т. О. Корнійчука. Київ, 2017. С. 195–197.
Частина видання матеріалів конференцій (тези доповіді)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Максименко Д. В. Методи оперативної діагностики виробничої діяльності підприємства // Зростання ролі бухгалтерського обліку в сучасній економіці : збірник тез та доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції (м. Київ, 21 лютого 2013 р.) / відпов. за випуск Мельничук Б.В. Київ, 2013. С.331–335.

Частина видання матеріалів конференцій (тези доповіді)	<ol style="list-style-type: none"> 2. Лалак Н. В. Шляхи підвищення мотивації молодших школярів до навчання // Анотовані результати науково-дослідної роботи інституту педагогіки за 2011 рік : збірник тез повідомлень. Київ, 2012. С.202–203. 3. Цехмістров І. І., Перець І.П. Про бюджет. Дослідження проблем в Україні очима молодих вчених: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 3-4 берез. 2016 р. Запоріжжя, 2016. С. 50–53.
Частина довідкового видання	<ol style="list-style-type: none"> 1. Павлик І. М. Право інтелектуальної власності. Великий енциклопедичний юридичний словник / ред. Ю. С. Шемшученко. Київ, 2007. С. 683. 2. Дичківська І.М. Інноваційні педагогічні технології. Основи педагогіки освіти: словник термінів / за ред.: Т. О. Дмитрука, В. К. Колпакова. Київ, 2014. С. 54–55.
Частина видання: продовжуваного видання	<ol style="list-style-type: none"> 1. Куцінко Т. О. Адміністративне законодавство України: реалії та перспективи формулювання // Вісник Запорізького національного університету. Юридичні науки. Запоріжжя, 2017. № 1. С. 36–46. 2. Безруков С. А., Хмельов А. А. Дослідження циліндричних оболонки. Вісник Запорізького національного університету. Фізико-математичні науки. Запоріжжя, 2015. № 3. С. 153–159. 3. Хорошилова С. А., Малафіїк Л. О., Хмельов А. А. Моделювання складеної конструкції за допомогою матриць типу Гріна. Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. Дніпропетровськ, 2012. Вип. 19. С. 212–218.
Частина видання: періодичного видання (журналу, газети)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Кучеренко О. О. Конституційні права людини і громадянина // Часопис Київського університету права. 2007. № 4. С. 88–92. 2. Коваль Л., Коваль П. Переваги дистанційної роботи. Урядовий кур'єр. 2017. 1 листоп. (№ 205). С. 5. 3. Bletska D. I., Glukhov K. E., Frolova V. V. Electronic structure of 2H-SnSe₂. Semiconductor Physics Quantum Electronics & Optoelectronics. 2017. Vol. 18, No 2. P. 109–118.
Електронні ресурси	<ol style="list-style-type: none"> 4. Україна очима дітей: фотовиставка. URL: http://www.kmu.gov.ua/control/uk/photogallery/gallery?galleryid=15725757& (дата звернення: 15.11.2017). 5. Хміль А. А. Функції державної служби за законодавством України // Юридичний науковий електронний журнал. 2017. № 5. С. 115–118. URL: http://lsey.org.ua/5_2017/32.pdf. 6. Хміль І. О. Шляхи подолання правового нігілізму в Україні. Вісник Запорізького національного університету. Юридичні науки. Запоріжжя, 2016. № 3. – С. 20–27. – URL: http://ebooks.znu.edu.ua/files/Fakhovivydannya/vznu/juridichni/VestUr20_15v3/5.pdf. (дата звернення: 15.11.2017). 7. Куцкір Я. С., Махно Б. А., Борислав С. Г. Трансформація науково- педагогічної системи України протягом 90-х років ХХ століття: період переходу до ринку. Наука та інновації. 2016. Т. 12, № 6. С. 6–14. DOI: https://doi.org/10.15407/scin12.06.006.



Навчально-методичне видання

Малій Олександр Геннадійович

**ВИРОБНИЧІ ПРОЦЕСИ ТА ОБЛАДНАННЯ ОБ'ЄКТІВ
АВТОМАТИЗАЦІЇ:**

**методичні рекомендації
до виконання практичних та індивідуальних завдань**

Самостійне електронне мережеве видання

Публікується в авторській редакції