



# МОДУЛЬНІ ПРОМИСЛОВІ СИСТЕМИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|                                             |                                                                                                                                                                                                                    |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Рівень вищої освіти                         | Другий (магістерський)                                                                                                                                                                                             |
| Галузь знань                                | G Механічна інженерія                                                                                                                                                                                              |
| Спеціальність                               | G9 Прикладна механіка                                                                                                                                                                                              |
| Освітня програма                            | Автоматизовані та роботизовані механічні системи                                                                                                                                                                   |
| Статус дисципліни                           | Вибіркова                                                                                                                                                                                                          |
| Форма навчання                              | очна(денна)                                                                                                                                                                                                        |
| Рік підготовки, семестр                     | 1 курс, викладається в одному семестрі (весняний)                                                                                                                                                                  |
| Обсяг дисципліни                            | 5 кредитів ЄКТС                                                                                                                                                                                                    |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | Екзамен / МКР / практичні роботи, лабораторні роботи                                                                                                                                                               |
| Розклад занять                              | Лекції 30 годин, лабораторні 16 годин, практичні 14 годин (2 години лекції та 2 години лаб./практ.р. на тиждень), СРС 90 годин,<br><a href="http://rozklad.kpi.ua/Schedules/">http://rozklad.kpi.ua/Schedules/</a> |
| Мова викладання                             | Українська                                                                                                                                                                                                         |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: к.т.н., доцент, Беліков Костянтин Олександрович,<br><a href="mailto:belikovka@gmail.com">belikovka@gmail.com</a>                                                                                           |
| Розміщення курсу                            | <a href="https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=268749">https://campus.kpi.ua/tutor/index.php?mode=mob&amp;show&amp;irid=268749</a>                                                      |

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «**Модульні промислові системи**» складена відповідно до освітньо-професійної та освітньо-наукової програми підготовки магістрів з галузі знань 13 «Механічна інженерія» за спеціальністю 131 «Прикладна механіка».

**Метою навчальної дисципліни** є формування у студентів здатностей розв'язувати складні практичні задачі шляхом використання інструментальних засобів побудови промислових автоматизованих систем та окремих виробничих ділянок з ефективним сполученням вільнопрограмованих контролерів і сенсорів з виконавчими та керуючими пристроями гідроприводу, пневмоприводу та електроприводу для технічних об'єктів різного призначення.

**Предметом навчальної дисципліни** є: принципи модульної будови складних виробничих автоматизованих систем, алгоритми керування модульними станціями, створення керуючих програм для різних за фізичною природою та принципом дії засобів автоматизації, сервісні режими роботи модульних систем, налагодження і тестування автоматизованих ланок

виробничого процесу. Ці питання в даному курсі розглядаються комплексно з урахуванням сучасних вимог до знань з технічних, технологічних і економічних аспектів машинобудівної галузі.

**Програмні результати навчання :**

**Компетенції, що посилюються вибірковою дисципліною:** здатність виконувати структурний і логічний синтез та розробляти алгоритми та системи керування для автоматизованих і роботизованих механічних систем з механічними, гідравлічними і пневматичними компонентами; здатність використовувати базові уявлення про різноманітність підходів та засобів створення автоматизованих і роботизованих механічних систем з адаптивними алгоритмами функціонування і керування, до складу яких входять механічні, гідравлічні, пневматичні і електромеханічні компоненти.

**Знання:** знати принципи модульної будови складних виробничих автоматизованих систем та структури алгоритмів керування модульними станціями; знати особливості будови сучасних мов програмування; знати принципи створення керуючих програм для різних за фізичною природою та принципом дії засобів автоматизації; знати особливості об'єднання модульних станцій в спільну систему, тестування виконавчих, керуючих та контролюючих пристроїв та модульної станції в цілому.

**Уміння:** проаналізувати виробничий процес, встановити його склад за певними діями, функціями та операціями; проаналізувати умови та вимоги експлуатації, обґрунтувати логіку ефективного розподілення процесу на ланки та виробничої системи на модульні станції; розробити модульну структуру процесу функціонування системи; синтезувати логіку взаємодії елементів системи; розробити алгоритм функціонування системи модульних станцій; підвищувати ступінь та якість автоматизації існуючих об'єктів шляхом модернізації та реінжинірінгу мехатронних систем, оптимізації режимів роботи і складу, використання інноваційних технічних рішень і підходів.

**Досвід:** вибору та використання методик та технічних засобів при створенні мехатронних систем із модульною будовою; практичної роботи із створення та налагодження алгоритмів керування для модульних мехатронних систем; вибору засобів контролю і керування з урахуванням режимів експлуатації модульної системи; здійснення налагодження і тестування автоматизованих ланок виробничого процесу; оволодіння первинними знаннями та навичками побудови багаторежимних модульних автоматизованих дискретних систем.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни**

Необхідне попереднє успішне оволодіння базовими знаннями та уміннями, набутими при опануванні першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 131 Прикладна механіка.

Результати вивчення дисципліни «Модульні промислові системи» є корисними для подальшого дослідження за програмою магістерської дисертації.

## **3. Зміст навчальної дисципліни**

Розділ 1. Загальні відомості про модульну будову багатопровідних систем виробничого призначення.

Тема 1.1. Особливості модульної будови та складу багатопровідних мехатронних систем виробничого призначення з гідропневматичними електричними та іншими засобами дискретної дії.

Тема 1.2. Засоби формального зображення багатеlementних послідовних систем дискретної дії: таблиці стану та переходів; тактові діаграми, часові діаграми, циклограми; функціональні графи.

## *Розділ 2. Перетворення структури процесу в структуру системи.*

*Тема 2.1. Продуктивний підхід до визначення структури виробничого процесу та його розподілу на складові.*

*Тема 2.2. Елементна база структурного синтезу мехатронних систем за модульним принципом.*

*Тема 2.3. Побудова системи управління об'єктом та окремим модулем на базі вільнопрограмованих контролерів та апаратних засобів контролю і керування.*

*Тема 2.4. Особливості модульної будови структури систем з мультипроцесною та конвеєрною програмою дій.*

## *Розділ 3. Логічний та структурний синтез модульних виробничих станцій з мультипроцесною програмою дій.*

*Тема 3.1. Відповідність алгоритмів функціонування виробничих систем та алгоритмів керування мультипроцесною програмою дій.*

*Тема 3.2. Алгоритм керуючої програми модульної станції з псевдомultiпроцесною програмою керування.*

*Тема 3.3. Алгоритм керуючої програми модульної станції з кроковою структурою програми керування.*

*Тема 3.4. Алгоритм керуючої програми модульної станції з використанням підпрограм для забезпечення керованості паралельних дій.*

## *Розділ 4. Експлуатаційні режими модульних станцій та алгоритми керування.*

*Тема 4.1. Режими пуско-налагоджувальних робіт. Вмикання та вимикання системи, одиничний та тривалий цикл, режим «Пауза», особливості використання режимів в окремому модулі та в модульній системі.*

*Тема 4.2. Режим аварійної зупинки, режими ручного та напіваавтоматичного керування.*

*Тема 4.3. Поєднання експлуатаційних та сервісних режимів в алгоритмі керування з кроковою структурою та використанням підпрограм.*

*Тема 4.4. Поєднання експлуатаційних та сервісних режимів в мультипроцесному алгоритмі керування з використанням підпрограм.*

## **Методичні рекомендації**

*Програма складена для денної форми навчання. Для успішного засвоєння курсу слід передбачити тісний взаємозв'язок всіх видів занять – лекційних, самостійної роботи та лабораторних. Теоретичний матеріал, викладений на лекційних заняттях, є основою для вирішення практичних інженерних завдань, що виконуються під час лабораторних/практичних завдань на спеціалізованому дидактичному обладнанні фірми ФЕСТО та під час виконання розрахунково-графічної роботи. За час навчання студент виконує лабораторні роботи з використанням дидактичних модульних станцій, укомплектованих обладнанням фірм Фесто, Сіменс та Вікерс, самостійно розробляє алгоритми керування модульними станціями, проводить тестування роботоздатності систем, налагодження та відпрацювання сервісних та експлуатаційних режимів роботи. Це дозволяє поглибити знання з кожної теми. З метою вивчення дисципліни під час самостійної роботи та лабораторних занять необхідно використовувати підручники, посібники та практикувати навички розв'язування реальних задач на дидактичному обладнанні. Проведення індивідуального консультування відбувається протягом курсу навчання.*

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

### Основні інформаційні ресурси

1. Губарев О.П., Ганпанцурова О.С. Мехатроніка: Циклічно-модульний підхід до вирішення практичних задач автоматизації.- Київ: НТУУ «КПІ».- ВАТ «Білоцерківська друкарня», 2016, 160с.
2. Яхно О.М. та інш. Прикладна гідроаеромеханіка і мехатроніка / Під ред. Яхно О.М..- Вінниця: ВНТУ, 2019.- 711 с.
3. Губарев О.П., Ганпанцурова О.С. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни “Модульні промислові системи”, студентам спеціальностей “Прикладна механіка”, “Галузеве машинобудування” спеціалізації “Мехатронні системи в машинобудуванні”. - Київ: НТУУ «КПІ».- ВАТ “Білоцерківська друкарня”, 2017, 60с.
4. Функціональні модулі систем мехатроніки з пневматичними, електромеханічними та гідравлічними виконавчими пристроями [Електронний ресурс]: навч. Посіб / О.П. Губарев, О.С. Ганпанцурова, К.О. Беліков, А.М. Муращенко; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 14,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 104 с.
5. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підруч./ А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 224 с.
6. Пупена О.М., Ельперін І.В. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навчальний посібник.- К.: Видавництво Ліра-К, 2013.- 376 с.

### Додаткові інформаційні ресурси

1. Губарев О.П., Аверін В.З., Левченко О.В. «Програмовані контролери в системах керування гідропневмоавтоматики» (частина 2) Методичні вказівки до лабораторних робіт, для студентів спеціальності "Гідравлічні і пневматичні машини", «Прикладна механіка».- Київ: НТУУ «КПІ».- Вид. Біла Церква: “БК Нафтохім-Аваль”.- 2006.- 52с.
2. Губарев О.П., Левченко О.В. Методичні вказівки до лабораторних робіт з курсу «Програмовані контролери в системах керування гідропневмоавтоматики» (частина 1) студентам, що навчаються за фахом “Гідравлічні і пневматичні машини”.– Київ, НТУУ “КПІ”, 2005.- 48 с.
3. Черкашенко М.В. Автоматизація проектування систем гідро- і пневмоприводів з дискретним управлінням: Навч.посібник.-2-е вид., перероб.-Харків: НТУ “ХПІ”, 2001.-182с.
4. Didactic systems: Fluidprax, Hydraulik, Elektrik/Elektronik.-Bosch Rexroth AG.- ErbachOdenwald.-2002.-128 S.
5. Ebel F., von Terzi M. Festo Didactic. Mechatronics.: Festo Didactic GmbH&Co., D73770 Denkendorf, 2000.- 108 S.
6. Mechatronika/ pod kier. Dietmara Schmida.- Polish edition REA, Warshawa.- 2002.- 384p.
7. Малахов В. П.; Яковлев Д. П. Периферійні пристрої : Навчальний посібник / Малахов В.П., Яковлев Д.П. // Одеса : Наука і техніка, 2006., 220с.

### Рекомендації та роз’яснення:

- Всі базові літературні джерела є в бібліотеці КПІ та в методичному кабінеті кафедри;
- Жодне джерело, як і всі джерела разом, не є достатнім для опанування дисципліни без виконання комплексу завдань до лабораторних робіт, самостійного розв’язання типових задач розробки схем та конструкцій і виконання індивідуальних завдань.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### ЛЕКЦІЙНІ ЗАНЯТТЯ

|  |                                                                                                                           |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Назва теми лекції та перелік основних питань<br>(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС) |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.  | <i>Особливості модульної будови та складу багатоприводних мехатронних систем виробничого призначення з гідروпневматичними електричними та іншими засобами дискретної дії.<br/>Література: 1, 2, 3, дод. 3, 5</i>                                                                                            |
| 2.  | <i>Засоби формального зображення багатоеlementних послідовних систем дискретної дії: таблиці стану та переходів; тактові діаграми, часові діаграми, циклограми; функціональні графи.<br/>Література: 2, 3, 4, 5, дод. 2,4,5.</i>                                                                            |
| 3.  | <i>Продуктивний підхід до визначення структури виробничого процесу та його розподілу на складові.<br/>Література: 1,2,3,4, дод. 4, 6, .</i>                                                                                                                                                                 |
| 4.  | <i>Елементна база структурного синтезу мехатронних систем за модульним принципом.<br/>Література: 4, 6, дод. 2, 4, 5,6 + [каталоги виробників].</i>                                                                                                                                                         |
| 5.  | <i>Побудова системи управління об'єктом та окремим модулем на базі вільнопрограмованих контролерів та апаратних засобів контролю і керування Література: 1,3, 4 дод. 1, 2,.</i>                                                                                                                             |
| 6.  | <i>Особливості модульної будови структури систем з мультипроцесною та конвеєрною програмою дій.<br/>Література: 1,3, 4, дод. 1,2,3.</i>                                                                                                                                                                     |
| 7.  | <i>Відповідність алгоритмів функціонування виробничих систем та алгоритмів керування мультипроцесною програмою дій.<br/>Література: 1,3,4, дод. 1,2</i>                                                                                                                                                     |
| 8.  | <i>Алгоритм керуючої програми модульної станції з кроковою структурою програми керування<br/>Література: 1,3,4, дод. 1,2</i>                                                                                                                                                                                |
| 9.  | <i>Алгоритм керуючої програми модульної станції з псевдомultiпроцесною програмою керування.<br/>Література: 1,3,4, дод. 1,2</i>                                                                                                                                                                             |
| 10. | <i>Алгоритм керуючої програми модульної станції з використанням підпрограм для забезпечення керованості паралельних дій<br/>Література: 1,3,4, дод. 1,2</i>                                                                                                                                                 |
| 11. | <i>Безпека і надійність багатомодульних систем<br/>Література: 4,5,6, дод. 3,6</i>                                                                                                                                                                                                                          |
| 12. | <i>Інтерфейси і протоколи підключення модульних систем<br/>Література: 1, 3, 4, 5,6 дод. 7</i>                                                                                                                                                                                                              |
| 13. | <i>Режими пуско-налагоджувальних робіт. Вмикання та вимикання системи, одиничний та тривалий цикл, режим «Пауза», особливості використання режимів в окремому модулі та в модульній системі. Режим аварійної зупинки, режими ручного та напіваавтоматичного керування<br/>Література: 1, 3, дод. 1,2,3,</i> |
| 14. | <i>Поєднання експлуатаційних та сервісних режимів в алгоритмі керування з кроковою структурою та використанням підпрограм.<br/>Література: 2, 3, 4, 5, дод. 2,4,5.</i>                                                                                                                                      |
| 15. | <i>Поєднання експлуатаційних та сервісних режимів в мультипроцесному алгоритмі керування з використанням підпрограм.<br/>Література: 2, 3, 4, 5, дод. 2,4,5.</i>                                                                                                                                            |

#### ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

|  |                          |                      |
|--|--------------------------|----------------------|
|  | Тема лабораторної роботи | Кількість ауд. годин |
|--|--------------------------|----------------------|

|    |                                                                                   |    |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1. | Лабораторна робота №1<br>Модульна станція подачі заготовок                        | 2  |
| 2. | Лабораторна робота №2<br>Модульна станція тестування заготовок (перевірки висоти) | 2  |
| 3. | Лабораторна робота №3<br>Модульна станція механічної обробки заготовок            | 2  |
| 4. | Лабораторна робота №4<br>Модульна станція для розподілення заготовок              | 2  |
| 5. | Лабораторна робота №5<br>Модульна станція для сортування деталей                  | 4  |
| 6. | Лабораторна робота №6<br>Алгоритм керування багаторежимної системи                | 4  |
| 7. | Всього:                                                                           | 16 |

#### ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

| № | Тема практичної роботи                                                                | Кількість ауд. годин |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 1 | Практична робота 1. Аналіз модульної будови багатоприводних мехатронних систем        | 2                    |
| 2 | Практична робота 2. Формалізація послідовних систем дискретної дії                    | 4                    |
| 3 | Практична робота 3. Синтез структурних схем мехатронних систем за модульним принципом | 4                    |
| 4 | Практична робота 4. Реалізація алгоритмів керування модульною станцією на ПЛК         | 4                    |
|   | Всього:                                                                               | 14                   |

#### 6. Самостійна робота студента

150 – 30 – 30 = 90.

| № з/п | Вид самостійної роботи              | Кількість годин СРС |
|-------|-------------------------------------|---------------------|
| 1.    | Підготовка до лекцій                | 16                  |
| 2.    | Підготовка до практичних занять     | 18                  |
| 3.    | Підготовка до лабораторних занять   | 22                  |
| 4.    | Виконання РГР Не передбачено        | -                   |
| 5.    | Виконання ДКР Не передбачено        | -                   |
| 6.    | Виконання МКР                       | 4                   |
| 7.    | Підготовка до заліку Не передбачено | -                   |
| 8.    | Підготовка до екзамену              | 30                  |
|       | Всього:                             | 90                  |

## **Політика та контроль**

### **7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)**

*Система вимог, які викладач ставить перед студентом:*

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях та лабораторних заняттях, а також за виконання МКР.*
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та лабораторних заняттях, передбачені РСО дисципліни;*
- використання засобів пошуку інформації на Google-сторінці викладача, в інтернеті;*
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали;*
- політика щодо академічної доброчесності встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни;*
- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц. мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.*

### **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)**

*Поточний контроль: практичні/лабораторні заняття, МКР.*

*Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.*

*Семестровий контроль: екзамен*

*Рейтинг студента розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 50 балів складає стартова складова. Стартовий рейтинг (протягом семестру) складається з балів, які студент отримує за:*

- виконання завдань під час практичних/лабораторних занять (5 лабораторних стендів);*
- виконання модульної контрольної роботи (МКР).*

*Робота на лабораторних/практичних заняттях (максимум 42 бали):*

- захищена робота – 4,2 бали;*
- активна творча робота – 3 балів;*
- плідна робота – 2 бали;*
- пасивна робота – 0 балів.*

*Виконання МКР:*

- творчо виконана робота – 8 балів;*
- роботу виконано з незначними недоліками – 7 балів;*
- роботу виконано з певними помилками – 6 балів;*
- роботу не зараховано (не виконано або є грубі помилки) – 0 балів.*

За несвоєчасне виконання МКР – 1 штрафний бал за кожний тиждень запізнення (всього не більше 5 балів).

Якщо студент виконав умови РСО щодо допуску до семестрового контролю, то він виконує екзаменаційну контрольну роботу.

На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу, яка складається з одного практичного завдання та двох теоретичних питань.

Критерії екзаменаційного оцінювання:

- вичерпні відповіді на всі питання білету, а також на додаткові питання, практична заача вирішена у відповідності до завдання, чітке визначення всіх понять, величин: 50 балів;
- в деяких відповідях мають місце певні неточності: 40-45 балів;
- допускаються окремі помилки, але їх можливо виправити за допомогою додаткових питань викладача, має місце знання основних понять і величин, розуміння суті процесів дискретно-логічного керування: 30-35 балів;
- припускаються суттєві помилки у відповідях або відсутня відповідь на одне з питань екзаменаційної роботи: 10-15 балів.

#### **Розрахунок шкали рейтингу з дисципліни ( $r_d$ ):**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:  $R_c = \sum_i r_i$

де  $r$  - рейтингові або вагові бали за кожний вид робіт з дисципліни.

$R_c = 42 \text{ ПР/ЛР} + 8 \text{ МКР} = 50$  балів.

Екзаменаційна складова  $R_E$  шкали дорівнює:  $R_E = 50$  балів.

Таким чином, рейтингова шкала з дисципліни складає  $R_D = R_c + R_E = 50 + 50 = 100$  балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

| Кількість балів           | Оцінка       |
|---------------------------|--------------|
| 100-95                    | Відмінно     |
| 94-85                     | Дуже добре   |
| 84-75                     | Добре        |
| 74-65                     | Задовільно   |
| 64-60                     | Достатньо    |
| Менше 60                  | Незадовільно |
| Не виконані умови допуску | Не допущено  |

Необхідною умовою допуску до екзамену є виконання 100% поточних лабораторних та практичних робіт, передбачених програмою, а також стартовий рейтинг  $R_c$  не менше 50% від  $R_c$ . Тобто, не менш  $R_c = 0,5 \times 50 = 25$  балів.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни більше  $0,5 \times R_c = 25$  балів, допускаються до екзамену.

Студенти, які набрали протягом семестру рейтинг з дисципліни менше  $0,5 \times R_c = 25$  балів, зобов'язані до початку екзаменаційної сесії підвищити його, інакше вони не допускаються до екзамену з цієї дисципліни і мають академічну заборгованість.

## **9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

### **• Приклад питань екзаменаційної роботи**

1. Як програмно реалізується утримання кнопки протягом деякого часу?
2. Яка функція компаратора в станції?

3. *Розробити алгоритм керування модульною станцією №2 та забезпечити сервісний режим «Пауза» при роботі станції.*

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Модульні промислові системи**

**Складено:**

доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, доцентом Ганпанцуровою Оксаною Сергіївною

професором кафедри ПГМ, доктором технічних наук, професором Губаревим Олександром Павловичем

доцентом кафедри ПГМ, кандидатом технічних наук, Беліковим Костянтином Олександровичем

**Ухвалено** кафедрою ПГМ (протокол № 17 від 25.06.2025)

**Погоджено** Методичною комісією інституту (протокол № 11 від 27 червня 2025 року).