



Кріплення гірничих виробок і підземних споруд

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>18 Виробництво та технології</i>
Спеціальність	<i>184 Гірництво</i>
Освітня програма	<i>Геоінженерія</i>
Статус дисципліни	<i>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>Очна (денна)/очна (вечірня)/заочна/дистанційна/змішана</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>6 кредитів ЕКТС</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>http://rozklad.kpi.ua/</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., проф. Гайко Г.І., gayko.kpi@meta.ua Практичні заняття: д.т.н., проф. Гайко Г.І., gayko.kpi@meta.ua</i>
Розміщення курсу	<i>Доступний на платформі «Сікорський» (дистанційний ресурс Google classroom). Код доступу надається викладачем на першому занятті.</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Кріплення підземних споруд, підтримання конструкцій в робочому й безпечному стані є одним з основних і найбільш важливих виробничих процесів при освоєнні підземного простору. Для фахової підготовки бакалавра з гірництва курс має особливе значення, оскільки закладає підвалини майбутньої професійної діяльності, формує фахові підходи до розв'язання основних проектних та інженерних завдань підземного й шахтного будівництва. Отримані знання дозволять в залежності від призначення споруди, геологічних і гірничотехнічних умов її спорудження й стану гірського масиву обирати тип, матеріал і параметри кріплення, що забезпечують надійну й економічну експлуатацію виробки.

Метою навчальної дисципліни є підготовка фахівців, здатних розв'язувати складні спеціалізовані задачі і практичні проблеми проектування ефективних систем і технологій кріплення гірничих виробок та забезпечення їх ефективних конструктивних параметрів і безпеки в особливо небезпечних умовах освоєння підземного простору та експлуатації гірничих підприємств.

Предметом вивчення дисципліни є конструкції кріплення гірничих виробок і підземних споруд в умовах спорудження та взаємодії з масивом гірських порід.

Програмні результати навчання:

ЗК6. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

СК12. Здатність застосовувати математичні моделі під час проектування, оптимізації технологічних процесів гірництва.

СК15. Здатність поєднання загально-технічних знань та вивчення спеціалізованих технік і технологій, підземних конструкцій.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Оскільки проблема забезпечення стійкості гірничих виробок має комплексний характер, то в структурно-логічній схемі означена навчальна дисципліна тісно пов'язана з базовими предметами ОП «Геоінженерія», зокрема з дисциплінами: «Геомеханіка», «Технологія, механізація та організація геотехнічного будівництва», «Основи гірничої справи», «Будівельні матеріали та конструкції підземних споруд», «Маркшейдерська справа». У свою чергу дисципліна безпосередньо впливає на вивчення «Технології спорудження вертикальних виробок» і «Геоінженерінг та тонелювання». Отримані в процесі вивчення дисципліни теоретичні знання та практичні навички необхідно використовувати при підготовці дипломної роботи бакалавра.

3. Зміст навчальної дисципліни

Тема 1. Типи конструкцій кріплення та їх класифікації та геомеханічні параметри

Тема 2. Дерев'яні та кам'яні конструкції кріплення.

Тема 3. Бетонні оправи

Тема 4. Набризкбетонне кріплення

Тема 5. Залізобетонне кріплення

Тема 6. Сталеve рамне кріплення

Тема 7. Анкерне кріплення

Тема 8. Зміцнення породних конструкцій скріплювальними сумішами

Тема 9. Кріплення «Моноліт» із розвантажених і зміцнених гірських порід

Тема 10. Комбіновані конструкції кріплення

Тема 11. Кріплення регульованого опору

Тема 12. Методи проектування кріплення

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

Основна

1. Гайко Г.І. Будівельні матеріали і конструкції підземних споруд. Конструкції кріплення: навч. посіб. / Г. І. Гайко. – Київ: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2019. – 134 с.
2. Геоінженерія мегаполіса: підземна урбаністика : підручник / В. Г. Кравець, Г. І. Гайко, А. Л. Ган та ін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2024. – 660 с.

Допоміжна

3. Панкратова Н. Д., Гайко Г. І., Савченко І. О. Розвиток підземної урбаністики як системи альтернативних проектних конфігурацій. Київ : Наукова думка, 2020. 136 с.
4. Самедов А. М., Кравець В. Г. Будівництво міських підземних споруд. – Київ : Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2011. - 400 с.
5. Яременко О., Гришин А., Яременко Н. та ін. Механіка підземних споруд. – Одеса : Одеська державна академія будівництва та архітектури, 2020. 236 с.
6. Литвинский Г.Г., Гайко Г.И., Кулдыркаев Н.И. Стальные рамные крепи горных выработок. – Київ: Техніка, 1999. – 216 с.

7. Гайко Г.І., Білецький В.С. Історія гірництва: Підручник. – Київ: Видавничий дім «Кієво-Могилянська академія», 2013. – 542 с.
8. Кравець В.Г., Гайко Г.І., Зайченко С.В., Стовпник С.М. Прогресивний спосіб анкербетонного кріплення капітальних виробок шахт і тунелів// Розробка родовищ. – Дніпропетровськ, 2015. – С. 307 – 312.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекції:

Лекції 1, 2. Типи конструкцій кріплення та їх геомеханічні параметри

Введення в дисципліну. Сучасні підземні споруди. Гірниче кріплення (загальні відомості). Історичний екскурс (дерев'яні та кам'яні конструкції). Класифікація типів і конструкцій кріплення за функціональним призначенням, строком служби, матеріалом, формою, конструктивними ознаками, деформаційно-силовими характеристиками, технологією спорудження тощо. Геомеханічні параметри та режими роботи кріплення.

Література: [1, 3, 5, 6].

Лекція 3. Дерев'яні конструкції кріплення

Історичний екскурс. Дерево як кріпильний матеріал. Базові конструкції кріплення. Вибір параметрів та елементів кріплення.

Література: [1].

Лекція 4. Кам'яні конструкції кріплення

Історія та перспективи застосування кам'яних оправ. Природні та штучні камені. Типи кам'яного кріплення.

Література: [1].

Лекція 5. Бетонні оправы

Історія бетону. Його властивості. Особливості монолітного бетонного кріплення. Типи опалубок. Операції спорудження кріплення. Бетонне кріплення в гірничих виробках шахт і рудників. Оправи транспортних тунелів та станцій метро. Бетонні оправы великих поперечних перерізів. Двошарова податлива конструкція. Роликове ущільнення бетонного кріплення.

Література: [1, 2, 4].

Лекція 6. Набризкбетонне кріплення

Принцип набризкбетону. Історія розвитку. Конструктивні та технологічні параметри. Сухий та мокрий способи набризку. Торкретбетон. Машини та обладнання. Прискорювачі тужавіння. Переваги та недоліки, перспективи застосування.

Література: [1, 2, 4].

Лекція 7. Залізобетонне кріплення

Монолітний залізобетон. Гнучке й жорстке армування. Особливості металобетонних конструкцій. Збірний залізобетон. Рамне залізобетонне кріплення. Конструкції з універсальних ребристих та плоских плит. Залізобетонні тюбінги. Принципи роботи тюбінгового кріплення. Його типи й технологія монтажу. Пласкі криволінійні тюбінги (кільцеві сегменти) щитової технології.

Література: [1, 3, 6].

Лекція 8, 9. Сталеve рамне кріплення

Загальні конструктивні ознаки й елементи кріплення. Основні типи сталевих рам. Жорсткі, шарнірні й піддатливі конструкції. Типи шахтних профілів. Вузли піддатливості. Спрямована піддатливість. Міжрамні огорожі. Стяжки. Клини. Забутівка. Технологія "Буллфлекс". Розпір рам.

Перерозподіл матеріалу по периметру рами. Попереднє напруження носійних елементів рами. Основні напрямки конструктивного вдосконалення сталевого рамного кріплення.

Література: [1, 6].

Лекція 10, 11. Анкерне кріплення

Армування гірських порід. Механізм роботи анкерів. Область їх застосування. Типи та конструктивні елементи анкерного кріплення. Замкові й беззамкові конструкції. Залізобетонні та сталеполімерні анкери. Монтаж і моніторинг анкерного кріплення.

Література: [1, 4, 6].

Лекція 12, 13. Зміцнення гірських порід (ґрунтів) скріплювальними сумішами

Кріплення, утворене нагнітанням суміші в масив. Конструктивно-технологічна схема породобетонного кріплення. Поверхневий полімер-набризк. Зміцнення ґрунтового масиву струменевою цементациєю. Ґрунтоцементні палі. Ґрунтоцемент як кріпильний та гідроізолюючий матеріал.

Література: [1, 2, 4].

Лекція 14. Кріплення «Моноліт» із розвантажених і зміцнених гірських порід

Уявлення про механізм роботи породонесійної конструкції кріплення. Технологія зведення кріплення «Моноліт». Параметри конструкції.

Література: [1].

Лекція 15. Комбіновані конструкції кріплення

Заздалегідь спроектовані комбіновані конструкції. Кріплення АНТ (арка – набризк – тампонаж). Комбіноване кріплення із анкерів та набризкбетону. Комбіноване рамно-анкерне кріплення. Підсилення верхняка анкерними парами.

Література: [1, 6].

Лекція 16. Кріплення регульованого опору

Концепція регульованого опору. Технологія NATM (новоавстрійський тунельний метод). Кріплення регульованого опору з нарощуванням носійної здатності. Спосіб резервування й регулювання надійності.

Література: [1, 2].

Лекція 17, 18. Методи проектування кріплення

Проектування на основі прототипів, аналогів, імовірно-статистичних моделей, аналітико-експериментальних залежностей. Двостадійне й системне проектування. Режими взаємодії кріплення з масивом. Розрахункові схеми з активним рівномірним і нерівномірним навантаженням та з урахуванням реактивного опору порід. Використання ЕОМ в проектуванні кріплення.

Література: [1, 2, 3].

Практичні роботи:

№ з/п	Назва теми заняття та література
1, 2	Оцінка запасу міцності конструкції кріплення під навантаженням Література: [1], [5].
3, 4	План контролю стану сталевого рамного кріплення Література: [5].
5, 6	Анкета з дослідження стану гірничих виробок Література: [1], [5].
7, 8	Прогноз працездатності конструкції кріплення

	Література: [5].
9, 10	Вибір типу й параметрів кріплення за нормативними документами Література: [1], [5].
11, 12	Системний підхід до оцінки геологічного середовища й роботи кріплення Література: [1], [2].
13, 14	Аналіз розрахункових схем конструкцій кріплення Література: [1].

Самостійна робота

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Історичний екскурс розвитку конструкцій кріплення, [1, 9]	4
2	Сучасні механізовані опалубки для монтажу монолітного бетонного (залізобетонного) кріплення, [1, 6, інформаційні ресурси]	4
3	Блочні конструкції бетонного кріплення, [1, 3].	4
4	Конструкції й технології кріплення шахтних стовбурів, [1, 4, 6]	6
5	Тимчасові конструкції, інвентарне рамне кріплення, [1, 5].	4
6	Уніфікація, типізація та індустріальне виробництво конструкцій кріплення, [1, 5].	4
7	Гнучкі (піддатливі) огорожі рамного та анкерного кріплення, [1, 5].	4
8	Тампонаж закріпного простору, [1, 5, 7].	4
9	Сучасні машини та обладнання для монтажу анкерного кріплення, [1, інформаційні ресурси].	6
10	Прогресивний спосіб анкербетонного кріплення капітальних виробок шахт і тунелів, [10]	4
11	Реферативна індивідуальна робота	22

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- студент повинен ознайомитися з силабусом на платформі «Сікорський» (дистанційний ресурс Google classroom), або у системі «Електронний Кампус КПІ»;
- відвідування лекційних занять є обов'язковим (у разі пропуску з поважної причини – треба зробити конспект пропущеної лекції);
- у разі пропуску занять без поважних причин за темою пропущеної лекції пишеться реферат на 10-12 стор. (крім періоду воєнного часу);
- на заняттях вітається навчальна активність, попередня обізнаність з питаннями лекції, використання інформаційних технологій для пошуку інформації в інтернеті, діалогові форми спілкування.
- правила захисту індивідуального завдання: дедлайн – за два тижні до кінця навчального семестру, захист індивідуального завдання проходить у формі співбесіди;
- наприкінці семестру надається додаткова можливість здати/перездати контрольні показники;
- політика щодо академічної доброчесності – запозичення матеріалів без посилань на авторські роботи не допускається, спроби плагіату (видавання чужих здобутків за свої) унеможливають отримання заліку;

- студенти зобов'язані дотримуватись загальних моральних принципів та правил етичної поведінки, зазначених у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»;
- за участь у Всеукраїнському конкурсі наукових робіт студенту нараховується 5 (I тур) або 10 (II тур) балів. За написання (публікацію) статті студенту нараховується 5 або 10 балів (відповідно фахове видання України або таке, що входить до Scopus або Web of Science), за публікацію тез доповіді на науковій конференції – 3 бали. Загальна сума заохочувальних балів не може перевищувати 10 балів;
- у випадку дистанційного навчання на момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom і забезпечена візуальна присутність у режимі відеоконференції.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: завдання в рамках практичних занять (7 тем практичних занять × 5 балів = 35 балів), реферативна робота (10 балів), МКР (проводиться безпосередньо на окремому занятті, у присутності викладача, 15 балів).

Завдання в рамках практичного заняття оцінюються в 5 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 5 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 4 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 3 бали;
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

МКР складається із двох питань проблемного характеру, які повинні розкрити як базові знання, так і навички їх практичного застосування.

КР оцінюється в 15 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд на застосування сучасних технологічних рішень, нових конструкцій і матеріалів (14-15 балів);
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності (11-13 бали);
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки (8-10 балів);
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Календарний контроль: проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу. Умовою позитивного першого та другого календарного контролів є отримання не менше 50 % максимально можливого на момент відповідного календарного контролю рейтингу.

Семестровий контроль: екзамен. Умови допуску до екзамену: виконані й зараховані практичні роботи та МКР із сумарною рейтинговою оцінкою 29 і більше балів.

Екзамен проводиться в усній формі. Білет включає два теоретичних і одне практичне питання (задачу). Відповідь оцінюється в 40 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд (37-40 балів);
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності (30-36 балів);
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки (24-29 балів);
- «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Для заочної форми навчання

Поточний контроль: Практичні роботи, вимоги до них та критерії оцінювання аналогічні як і для очної форми навчання і наведені вище, проте максимальна оцінка кожної роботи складає 7 балів, останньої – 8 балів (сумарно – 50 балів).

Семестровий контроль: екзамен. Умови допуску до семестрового контролю: виконані і зараховані практичні роботи.

Студенти, які виконали умови допуску здають екзамен, який оцінюється в 50 балів. Сума балів за заліком додається до оцінки за практичні роботи й переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри геоінженерії, д.т.н., проф. Г.І. Гайком

Ухвалено кафедрою _____ (протокол № __ від _____)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № __ від _____)