



ПОБУДОВА КОМПІЛЯТОРІВ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	другий (магістерський)
Галузь знань	F Інформаційні технології
Спеціальність	F2 Інженерія програмного забезпечення
Освітня програма	Інженерія програмного забезпечення інформаційних систем
Статус дисципліни	Обов'язкова (нормативна)
Форма навчання	Очна (денна)
Рік підготовки, семестр	1-й курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	5 кредитів, 150 годин (32 години — Лекції, 28 годин — Лабораторні, 90 годин - СРС)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Екзамен/тестування, МКР, захист лабораторних робіт
Розклад занять	1 лекція (2 години) 1 раз на тиждень 1 лабораторне заняття (2 години) 1 раз на тиждень Детальний розклад - https://schedule.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., доцент, Стативка Ю. І., statyvka-yu@iit.kpi.ua Лабораторні заняття: к.т.н., доцент, Стативка Ю. І., statyvka-yu@iit.kpi.ua ас., Сопов О.О.
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/ODAyMTU4MDIzMzc3?cjc=43v2ooav

Програма навчальної дисципліни

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

В курсі розглядаються як фундаментальні принципи створення і імплементації мов програмування загального призначення, так і практичні аспекти автоматизації розробки компіляторів з використанням новітніх технологій та інструментів.

Значна увага приділяється проектуванню мов програмування, їх специфікації, математичним основам представлення та опрацювання формальних мов та їх імплементації.

Розглядаються загальні та спеціалізовані засоби побудови компіляторів та інтерпретаторів: алгоритми лексичного, синтаксичного та семантичного аналізу, генерування коду (низького, проміжного чи високого рівня), засоби виконання коду цільової мови, засоби автоматизації, зокрема, ANTLR4.

Метою дисципліни є опанування студентами теоретичних знань та набуття практичного досвіду проектування і імплементації мов програмування .

Предмет дисципліни — методи та алгоритми побудови, специфікації та імплементації мов програмування високого рівня.

Завдання. В результаті вивчення дисципліни у студентів повинні сформуватися наступні компетентності:

загальні:

- ЗК 01 - Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

фахові:

- ФК 02 - Здатність розробляти і реалізовувати наукові та/або прикладні проекти у сфері інженерії програмного забезпечення.
- ФК 04 - Здатність розвивати і реалізовувати нові конкурентоспроможні ідеї в інженерії програмного забезпечення.
- ФК 05 - Здатність розробляти, аналізувати та застосовувати специфікації, стандарти, правила і рекомендації в сфері інженерії програмного забезпечення.
- ФК 07 - Здатність критично осмислювати проблеми у галузі інформаційних технологій та на межі галузей знань, інтегрувати відповідні знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах.
- ФК 12 - Здатність використовувати базові ідеї та методи для створення сучасних компіляторів.
Після засвоєння навчальної дисципліни студенти мають продемонструвати такі програмні результати навчання:
- ПРН 07 - Аналізувати, оцінювати і застосовувати на системному рівні сучасні програмні та апаратні платформи для розв'язання складних задач інженерії програмного забезпечення.
- ПРН 18 - Розробляти математичне і програмне забезпечення для наукових досліджень в галузі інженерії програмного забезпечення.

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

Пререквізити дисципліни. Вивчення дисципліни базується на знаннях студентів щодо:

- алгоритмів і структур даних;
- програмування;
- основ дискретної математики.

Постреквізити дисципліни.

Компетенції, отримані студентами в процесі вивчення дисципліни «Побудова компіляторів» можуть бути використані при проходженні практики та виконанні магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Основи теорії формальних мов

Тема 1.1. Вступ. Формальні мови. Компіляція. Фази компіляції.

Тема 1.2. Елементи теорії формальних мов.

Тема 1.3. Скінченні автомати.

Розділ 2. Лексичний, синтаксичний та семантичний аналіз програм

Тема 2.1. Лексичний аналіз програм.

Тема 2.2. Автомат з магазинною пам'яттю (МП-автомат).

Тема 2.3. Призначення та види синтаксичного аналізу. Метод рекурсивного спуску.

Тема 2.4. Семантичний аналіз програм.

Тема 2.5 Приклад реалізації семантичного аналізатора.

Розділ 3. Трансляція та виконання програм

Тема 3.1. Проміжні форми подання програм.

Тема 3.2. Трансляція у ПОЛІЗ і виконання ПОЛІЗ-програм.

Тема 3.3. Віртуальні стекові машини. CLR. JVM.

Тема 3.4. Переклад на CIL та Java-асемблер.

Розділ 4. Автоматизація розробки трансляторів.

Тема 4.1. Засоби автоматизації розробки трансляторів

Тема 4.2. ANTLR4 як компілятор компіляторів.

Тема 4.3. Варіанти використання ANTLR4.

Тема 4.4. Розробка трансляторів. Підсумки.

Розділ 5. Окремі питання розробки трансляторів.

Тема 5.1. Генерування коду для регістрових машин.

Тема 5.2. Оптимізація цільового коду.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна література

1. Стативка Ю.І. Формальні мови: Основні концепти і представлення [Текст]: навч. посіб. / Ю. І. Стативка. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 87 с.
<https://ela.kpi.ua/handle/123456789/57808>
2. Медведєва В.М. Транслятори: лексичний та синтаксичний аналізатори [Текст] : навч. посіб. / В.М. Медведєва, В.А. Третяк. – К. : НТУУ «КПІ», 2012. – 148с.
3. Медведєва В.М. Транслятори: внутрішнє подання програм та інтерпретація [Текст] : навч. посіб. / В.М. Медведєва, В.А. Третяк. . – К. : Текст, 2015. – 144 с.

Додаткова література

4. Aho, Alfred, Lam, Monica, Sethi, Ravi, Ullman, Jeffrey Compilers: Principles, Techniques, and Tools, 2nd edition. - Addison Wesley, 2006. - 1040 p.
5. Hopcroft J. E., Motwani R., Ullman J. D. Introduction to Automata Theory, Languages, and Computation (3rd ed.). Pearson, 2013. 560 p.
6. A. V. Aho and J. D. Ullman, The Theory of Parsing, Translation, and Compiling, Vol. 1, Parsing. Prentice Hall, 1972. 1030 p.

7. Winskel G. The formal semantics of programming languages: an introduction. Cambridge, Massachusetts, London: MIT Press, 1993. 384 p.

Інформаційні ресурси

8. <https://wwwantlr.org/>
9. <https://github.com/antlr/antlr4/blob/master/doc/getting-started.md>
10. <https://github.com/antlr/antlr4/blob/4.6/doc/index.md>
11. EBNF Visualizer: веб-сайт. URL: <http://dotnet.jku.at/applications/visualizer/>
12. EBNF 2 RailRoad: веб-сайт. URL: <https://github.com/matthijsgroen/ebnf2railroad>
13. Railroad Diagram Generator: веб-сайт. URL: <https://bottlecaps.de/rr/ui>
14. JFLAP Version 7.1 RELEASED July 27, 2018: веб-сайт. URL: <https://www.jflap.org/>.
15. Rodger S. H., Finley T. W. JFLAP – An Interactive Formal Languages and Automata Package Jones & Bartlett Publishers, Sudbury, 2005. 212 p. – URL: <https://www2.cs.duke.edu/csed/jflap/jflapbook/jflapbook2006.pdf>.
16. <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/tools/ilasm-exe-il-assembler>
17. <https://learn.microsoft.com/en-us/dotnet/framework/tools/ildasm-exe-il-disassembler>
18. <https://github.com/drstrng/Krakatau-noff>

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекційні заняття

Розділ 1. Основи теорії формальних мов

Лекція 1. Вступ. Формальні мови. Компіляція. Фази компіляції.

Місце та призначення компілятора в програмному забезпеченні комп'ютера. Основні блоки та їх взаємодія. Структура компілятора.

Лекція 2. Елементи теорії формальних мов.

Основні поняття: мова, граматики, виведення, сентенційна форма, рекурсивні правила.

Приведення граматики. Трансформація граматики. Усунення ϵ -продукцій. Усунення ланцюгових правил. Усунення марних символів. Факторизація граматики. Нормальна форма Чомскі.

Форми подання граматики мов програмування: БНФ, РБНФ. Синтаксичне дерево і абстрактне синтаксичне дерево. Синтаксичні діаграми.

Лекція 3. Скінченні автомати.

Поняття розпізнавача. Види розпізнавачів. Скінченні автомати. Визначення, правила функціонування, форми подання. Детерміновані скінченні автомати (ДСА). Недетерміновані скінченні автомати (НСА). Мінімізація ДСА. Автоматні мови. Еквівалентність множини регулярних і автоматних мов.

Розділ 2. Лексичний, синтаксичний та семантичний аналіз програм

Лекція 4. Лексичний аналіз програм.

Лексичний аналізатор. Призначення, вхід, вихід. Діаграма станів. Лексичний аналіз програм на основі діаграми станів (переходів). Приклад реалізації лексичного аналізатора на основі діаграми станів.

Лекція 5. Автомат з магазинною пам'яттю (МП-автомат).

Визначення, правила функціонування, форми подання. МП-автомат і контекстно вільні граматики.

Лекція 6. Призначення та види синтаксичного аналізу. Метод рекурсивного спуску.

Призначення, види синтаксичного розбору. Низхідний розбір. Алгоритм рекурсивного спуску. Перетворення граматики для реалізації розбору без повернень та зациклювання. Приклад реалізації парсера на основі алгоритму рекурсивного спуску.

Лекція 7. Семантичний аналіз програм.

Семантика мови і поведінка програми. Аналіз відповідності програми семантиці, декларованій у специфікації мови.

Лекція 8. Приклад реалізації семантичного аналізатора.

Змінні: декларація, ініціація, l- і r-value. Типи змінних, констант, виразів, інструкцій (statements).

Розділ 3. Трансляція та виконання програм

Лекція 9. Проміжні форми подання програм.

Призначення проміжних форм, їх види. Польський інверсний запис. Алгоритм Дейкстри побудови ПОЛІЗ. Пріоритети.

Лекція 10. Трансляція у ПОЛІЗ і виконання ПОЛІЗ-програм. Postfix State Machine (PSM).

Переклад у ПОЛІЗ конструкцій мови високого рівня. Виконання ПОЛІЗ-програм: стекова машина Postfix State Machine (PSM). Розширення PSM.

Лекція 11. Віртуальні стекові машини. CLR. JVM.

Віртуальна стекова машина .Net. ILASM. ILDASM. Набір інструкцій CLR.

Віртуальна стекова машина Java. Набір інструкцій JVM. Засоби асемблювання та дизасемблювання для JVM. Асемблери та дизасемблери третіх сторін: Krakatau.

Лекція 12. Переклад на CIL та Java-асемблер.

Побудова компілятора на CIL. Асемблювання і виконання il-програм.

Побудова компілятора для JVM. Асемблювання і виконання j-програм.

Розділ 4. Автоматизація розробки компіляторів

Лекція 13. Засоби автоматизації розробки компіляторів

Огляд генератора парсерів: Yacc, Bison, Lex, Flex, Narry, BNFC, ANTLR4.

Лекції 14. ANTLR4 як компілятор компіляторів.

ANTLR4: Структура, встановлення, використання. Засоби проектування та часу виконання. Особливості представлення граматики.

Варіанти використання ANTLR4. Інтегрування згенерованих компонент у Java-застосунок. Інтегрування згенерованих компонент у Python-застосунок.

Лекція 15. Модульна контрольна робота.

Лекція 16. Побудова компілятора. Підсумки.

Огляд курсу: концепти, технології, інструменти. Набутий досвід у контексті розробки і реалізації мов програмування. Сучасні тенденції розробки та імплементації мов

програмування.

Лабораторні заняття

Лабораторне заняття 1. Мови програмування. Структура і функції транслятора.
Мови програмування. Типологія мов програмування. Парадигми. Інструменти розробника.
Компілятори та інтерпретатори. Структура і функції компілятора.
Структура специфікації — лексика, синтаксис, семантика.

Лабораторне заняття 2. Елементи теорії формальних мов.
Формальні мови. Ланцюжки, операції над ними. Формальні граматики. Виведення. Побудова
граматики за описом мови. Побудова опису мови за граматиною.

Лабораторне заняття 3. Скінченні автомати.
Детерміновані скінченні автомати (ДСА). Мінімізація ДСА. Недетерміновані скінченні
автомати (НСА). Приведення НСА до ДСА. JFLAP. Еквівалентність множини регулярних і
автоматних мов.

Лабораторне заняття 4. Представлення ЛР 1.
Представлення/захист специфікації розробленої мови програмування.
Ревю специфікації розробленої мови програмування.

Лабораторне заняття 5. Лексичний аналіз програм.
ГраMATика мови програмування, необхідна для лексичного аналізу.
Таблиця символів мови (Таблиця лексем мови).
Діаграма станів (переходів). Представлення даних у кодї.
Лексичний аналізатор (сканер).

Лабораторне заняття 6. Представлення ЛР 2.
Представлення сканера для розробленої мови програмування.
Ревю сканера розробленої мови програмування.

Лабораторне заняття 7. Приведення граматик. Форми подання граматик.
Усунення ϵ -продукцій. Усунення ланцюгових правил. Усунення марних символів.
Факторизація граматик. Нормальна форма Чомскї.

Лабораторне заняття 8. Семантика мови і поведінка програми.
Типи і оголошення. Перевїрка типів. Приведення типів. Семантика синтаксичних конструкцій.

Лабораторне заняття 9. Представлення ЛР 3.

Представлення синтаксичного та семантичного аналізаторів для розробленої мови програмування.

Ревю синтаксичного та семантичного аналізаторів для розробленої мови програмування.

Лабораторне заняття 10. ПОЛІЗ. Віртуальна стекова машина

Алгоритми трансляції у ПОЛІЗ та виконання поліз-програм. Побудова та розширення PSM.

Лабораторне заняття 11. Представлення ЛР 4.

Ревю транслятора з розробленої мови у ПОЛІЗ. Виконання ПОЛІЗ-програм у PSM.

Лабораторне заняття 12. Індустріальні віртуальні стекова машини .Net (CLR) та JVM.

Огляд CLR та CIL, JVM та Java-асемблера.

Лабораторне заняття 13. Представлення ЛР 5.

Ревю компілятора з розробленої мови на CLR та JVM.

Лабораторне заняття 14. Представлення ЛР 6.

Ревю прикладної програми з інтегрованими компонентами, згенерованими засобами ANTLR4 для розробленої мови.

5.1 Тематика робіт комп'ютерного практикуму/лабораторних робіт

1. Специфікація мови програмування.
2. Лексичний аналіз програм.
3. Синтаксичний та семантичний аналіз програм.
4. Трансляція у ПОЛІЗ та виконання програм.
5. Трансляція для віртуальної стекової машини (CLR/JVM).
6. Автоматизація побудови компіляторів.

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин
1	Підготовка до лабораторних занять	52
2	Розгляд окремих питань	18
3	Підготовка до МКР	8
4	Підготовка до екзамену	30

№ з/п	Розділ	Тема	Джерела	Контроль
1	1	Однопрохідний компілятор.	[2, розд. 1.2]	на лабораторних заняттях
2	1	Робота з граматиками у JFLAP.	[1, розд. 1.5; 15, розд. 3]	на лабораторних заняттях
3	1	Класифікація граматик Чомскі.	[1, розд. 1.3.4; 2, розд. 2.1.2]	на лабораторних заняттях
4	1	Усунення лівої рекурсії.	[1, розд. 1.3.5]	на МКР
5	1	Ebnf-visualizer (чи аналогічні інструменти) для генерування синтаксичних діаграм.	[1, розд. 1.2.4]	на лабораторних заняттях
6	1	Робота з регулярними виразами у JFLAP.	[15, розд. 4]	на лабораторних заняттях
7	1	Робота з скінченними автоматами у JFLAP.	[15, розд. 4]	на лабораторних заняттях, МКР
8	2	Лексичний аналіз методом розбору до роздільника.	[1, розд. 3.2]	на лабораторних заняттях,
9	2	Робота з МП-автоматами у JFLAP.	[1, розд. 1.3.4; 15, розд. 5]	на лабораторних заняттях, МКР
10	2	LL(k) і LR(k)–аналіз.	[4, розд. 4.4.3, 4.6.1]	на лабораторних заняттях, на екзамені
11	3	Використання ILASM і ILDASM.	[16; 17]	на лабораторних заняттях, екзамен
12	3	Використання java-асемблерів третіх сторін: Krakatau.	[18]	на лабораторних заняттях

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог при вивченні дисципліни:

1. правила відвідування занять: 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 та практичних заняттях.
2. правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
3. політика дефлайнів та перескладань: якщо студент не проходив або не з'явився на МКР (без поважної причини), його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання результатів МКР не передбачено;
4. політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Побудова компіляторів»;
5. при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соцмережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування робочим часом викладача.
6. Порядок визнання таких результатів регламентується Положенням про визнання результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/index.php/node/179>). Можуть бути зараховані окремі змістовні модулі або теми дисципліни. В такому разі здобувач звільняється від виконання відповідних завдань, отримуючи за них максимальний бал відповідно до рейтингової системи оцінювання.
7. Обов'язковою умовою виконання завдань з освітньої компоненти є дотримання політики та принципів академічної доброчесності (<https://kpi.ua/academic-integrity>), які, у тому числі, викладено у Кодексі честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (<https://kpi.ua/code>), Положенні про систему запобігання академічному плагіату в КПІ ім. Ігоря Сікорського (<https://osvita.kpi.ua/node/47>). У разі виявлення дублювання робіт, плагіату роботи здобувачі отримують нульовий рейтинг.
8. Використання штучного інтелекту (далі, ШІ) регламентується «Політикою використання штучного інтелекту для академічної діяльності в КПІ ім. Ігоря Сікорського» (<https://osvita.kpi.ua/node/1225>). Усі навчальні завдання з дисципліни мають бути результатом власної оригінальної роботи здобувача.

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

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

Поточний контроль: активність — питання і відповіді на лекційних заняттях, питання і відповіді та участь у ревію на лабораторних заняттях; вправи на лабораторних заняттях; МКР; виконання завдань до лабораторних занять; виконання та представлення робіт комп'ютерного практикуму.

1) Активність

Активність (частота, змістовність) участі студента у процесі обговорення відповідних тем на заняттях — питання і відповіді на лекційних заняттях, питання і відповіді та участь у ревію на практичних заняттях, виконання вправ на практичних заняттях оцінюється, максимум, 10 балами, які може отримати кожен студент за семестр.

2) Роботи комп'ютерного практикуму (лабораторні роботи)

Максимальна кількість балів за виконання кожної роботи — 3 балів, за захист — 4 балів. Отже виконання та захист однієї роботи може становити 7 балів.

Тоді максимальна кількість балів за усі виконані роботи комп'ютерного практикуму становить 42 бали.

Критерії оцінювання:

Виконання та захист робіт комп'ютерного практикуму:

- правильне функціонування розробленого модуля є необхідною умовою зарахування виконаної роботи;
- якісно оформлений код та звіт;
- виконана і представлена частково (не представлена) — відповідна частка від максимальної кількості балів;

- захист передбачає:
 - коротку змістовну доповідь (до 3 хвилин);
 - змістовні відповіді на питання чи зауваження;
 - вміння вносити зміни до коду (необхідні або для розгляду альтернативних варіантів).

3) Модульна контрольна робота

Максимальна кількість балів за модульну контрольну роботу становить 8 балів.

Якість виконання роботи:

- виконана у повному обсязі з необхідними текстовими поясненнями дій та результатів – максимальна кількість балів;
- виконана частково з поясненнями — відповідна частка від максимальної кількості балів;
- виконана без текстових пояснень дій та результатів – не більше 5 балів;

4) Складання іспиту

Максимальний ваговий бал $\Gamma_{\text{ісп}}=40$

На іспиті студент виконує письмово роботу, яка містить два теоретичних питання. Теоретичні питання оцінюються максимально по 20 балів.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання „зараховано” з першої проміжної атестації студент матиме не менше ніж 7 балів.

Для отримання „зараховано” з другої проміжної атестації студент матиме не менше ніж 28 балів.

Умови допуску до іспиту

Необхідною умовою допуску до іспиту є виконання чотирьох лабораторних робіт з п'яти перших (тобто з робіт ЛР1-ЛР5), а також стартовий рейтинг (R_c) не менше 30 балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру (шкала рейтингу) складає:

$$R = \Gamma_{\text{акт}} + \Gamma_{\text{практ}} + \Gamma_{\text{мкр}} + \Gamma_{\text{ісп}} = 10+42 + 8 + 40= 100 \text{ балів.}$$

Максимальний стартовий рейтинг становить $R_c = \Gamma_{\text{акт}} + \Gamma_{\text{практ}} + \Gamma_{\text{тв}} + \Gamma_{\text{мод}} = 60$ балів.

Рейтинг іспиту дорівнює 40 балів. Мінімальний рейтинг допуску до іспиту становить 30 балів.

Таким чином, рейтингова шкала з кредитного модуля складає

$$R = 60+40=100 \text{ балів.}$$

Для отримання студентом відповідних оцінок рейтингова оцінка студента переводиться згідно таблиці:

Бали	Оцінка
95 - 100	Відмінно
85 - 94	Дуже добре
75 - 84	Добре
65 - 74	Задовільно
60 - 64	Достатньо
Менше 60	Незадовільно

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус) «Побудова компіляторів»:

Склав доцент кафедри ІІІ к.т.н., доц. Стативка Юрій Іванович

Ухвалено кафедрою ІІІ (протокол № 2/1 від 10.10.2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету (протокол № 3 від 17.10.2025 р.)