

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Чернігівська політехніка»
Навчально-науковий інститут електронних та інформаційних технологій
Кафедра *інформаційних технологій та програмної інженерії*

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
Завідувач кафедри

Білоус Ірина Володимирівна
“_____” _____ 20__р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ПРОЕКТУВАННЯ ТРАНСЛЯТОРІВ (ВБ11)

Освітня програма *«Інженерія програмного забезпечення»*

Рівень вищої освіти – *перший (бакалаврський)*

Спеціальність *121 – Інженерія програмного забезпечення*

Мова навчання: *українська*

Статус дисципліни: *обов'язкова*

Форма навчан.	Рік навч.	Сем.	Розподіл годин					Разом	За тиждень		ІНДЗ	Контр.
			Всього ауд.	Лек	Прак	Лаб.	СРС		Ауд.	СРС		
Денна	3	2	30	16		14	90	120	1,875	5,625	РГР	I
	Разом		30	16		14	90	120	1,875	5,625	РГР	I

Робоча програма _____ *Проектування трансляторів* _____

(назва навчальної дисципліни)

для здобувачів галузі знань *12 – Інформаційні технології*
спеціальності *121 – Інженерія програмного забезпечення*

Розробник робочої навчальної програми:

*доцент кафедри інформаційних технологій та програмної інженерії, кандидат
технічних наук, доцент*

_____ *(І.В.Білоус)*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри *інформаційних технологій та
програмної інженерії*

Протокол від “__” _____ 20__ року № __

Завідувач кафедри *інформаційних технологій та програмної інженерії*

_____ *(І.В.Білоус)*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Abstract

ESI EIT/PI SL11 Compilers' designing

2021/2022 Sem. 1

Course Description

The teaching of discipline "Compilers' designing" subordinated to the solution of such basic tasks as a representation of infinite languages by finite means; a development of grammars to specify the features of the language; a processing of context-free grammars to the reduced form; a designing scanners on the basis of deterministic finite automaton; an analysis of different grammars; a designing of different grammars recognizers; a working with symbol tables; a development of programming language semantics.

Purpose of teaching "Compilers' designing' designing" is:

- 1) provide students with the theoretical basics of formal language systems and methods for their practical application to automate the design of compilers;
- 2) form students' knowledge and skills in the development of formal specifications of language systems;
- 3) organize and synthesize the knowledge and skills to use existing of compilers;
- 4) provide the necessary skills for the design of compilers.

Contents: development of context-free grammars of programming language, designing of lexical analyzers, designing of parsers, designing of semantic routines and docking with their grammar, designing of generators source code, source code optimization.

1 Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання / (заочна форма навчання)
Кількість кредитів – 4	Галузь знань <i>12 – Інформаційні технології</i>	Вибіркова
Модулів – 1	Спеціальність: <i>121 – Інженерія програмного забезпечення</i> Освітньо-професійна програма: <i>Інженерія програмного забезпечення</i>	Рік підготовки: 3-й
Змістових модулів – 3		Семестр
Індивідуальне науково-дослідне завдання – розрахунково-графічна робота		
Загальна кількість годин – 120		
Тижневих годин: аудиторних – 1,875; самостійної і індивідуальної роботи здобувача – 5,625	Рівень вищої освіти: <i>перший (бакалаврський)</i>	Лекції 1 год
		Лабораторні 0,875 год
		СРС 5,625 год
		Вид контролю: Іспит

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: 30:90 = 1:3

Застосовані скорочення:

КВ-граматика – контекстно-вільна граматика.

КВ-мова – контекстно-вільна мова.

РС-метод – метод рекурсивного спуску.

Передумовою для вивчення дисципліни є успішне засвоєння дисциплін “Комп’ютерна дискретна математика”, “Основи програмування”, “Операційні системи”.

2 Мета навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни “Проектування трансляторів” є ознайомлення здобувачів з теоретичними основами формальних мовних систем, закріплення та розвиток фахових компетентностей в галузі знань 12 – Інформаційні технології із застосуванням у професійній діяльності методів їхнього практичного застосування для автоматизації проектування трансляторів.

- ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК5. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК6. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК13. Здатність працювати в міжнародному контексті.
- ФК15. Здатність ідентифікувати, класифікувати та формулювати вимоги до програмного забезпечення.
- ФК16. Здатність брати участь у проектуванні програмного забезпечення, включаючи проведення моделювання (формальний опис) його структури, поведінки та процесів функціонування.
- ФК17. Здатність розробляти архітектури, модулі та компоненти програмних систем.
- ФК22. Здатність застосовувати фундаментальні і міждисциплінарні знання для успішного розв'язання завдань інженерії програмного забезпечення.
- ФК25. Здатність реалізовувати фази та ітерації життєвого циклу програмних систем та інформаційних технологій на основі відповідних моделей і підходів розробки програмного забезпечення.
- ФК27. Здатність обґрунтовано обирати та освоювати інструментарій з розробки та супроводження програмного забезпечення.
- ФК28. Здатність до алгоритмічного та логічного мислення.

3 Очікувані результати навчання з дисципліни

Навчальна дисципліна “Проектування трансляторів” має допомогти сформуванню наступні програмні результати навчання.

- ПР01. Аналізувати, цілеспрямовано шукати і вибирати необхідні для вирішення професійних завдань інформаційно-довідникові ресурси і знання з урахуванням сучасних досягнень науки і техніки.
- ПР05. Знати і застосовувати відповідні математичні поняття, методи доменного, системного і об'єктно-орієнтованого аналізу та математичного моделювання для розробки програмного забезпечення.
- ПР07. Знати і застосовувати на практиці фундаментальні концепції, парадигми і основні принципи функціонування мовних, інструментальних і обчислювальних засобів інженерії програмного забезпечення.
- ПР12. Застосовувати на практиці ефективні підходи щодо проектування програмного забезпечення.

- ПР13. Знати і застосовувати методи розробки алгоритмів, конструювання програмного забезпечення та структур даних і знань.

- ПР15. Мотивовано обирати мови програмування та технології розробки для розв'язання завдань створення і супроводження програмного забезпечення.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми здобувачі повинні **знати**:

- основи теорії формальних граматики;
- структури даних, які використовуються при проектуванні трансляторів;
- класифікацію граматики;
- методи оптимізації граматики;
- організацію і складові частини трансляторів;
- семантичні обмеження мови програмування;
- методи оптимізації об'єктної програми;
- засоби автоматизації процесу проектування трансляторів.

Вміти:

- спроектувати спрощену КВ граматику мови програмування;
- розробити структури даних майбутнього транслятора;
- спроектувати лексичний аналізатор;
- спроектувати синтаксичний аналізатор;
- спроектувати генератор коду;
- написати модулі для тестування спроектованого транслятора.

4 Критерії оцінювання результатів навчання

З тими здобувачами, які до проведення підсумкового семестрового контролю не встигли виконати всі обов'язкові види робіт та мають підсумкову менше 35 балів (за шкалою оцінювання), проводяться додаткові індивідуальні заняття, за результатами яких визначається, наскільки глибоко засвоєний матеріал, та чи необхідне повторне вивчення дисципліни.

Дисципліну можна вважати такою, що засвоєна, якщо здобувач:

1) знає:

- ієрархію мов програмування;
- поняття транслятор, компілятор, інтерпретатор, препроцесор, асемблер, машинна мова, завантажувач;
- основні фази процесу трансляції та їх призначення;
- структуру транслятора;
- формальне визначення мови;
- поняття мова, словник, ланцюжок, речення;
- способи завдання мов;
- поняття синтаксис, семантика та лексика мови;
- способи запису синтаксису мови. БНФ;
- класифікацію граматики за Хомським;
- поняття виводу, ланцюжка виводу;
- поняття еквівалентності граматики;
- призначення та необхідність фази лексичного аналізу;

- поняття лексема, транслітератор, сканер, лексичний аналізатор;
- визначення скінченного автомату;
- діаграму переходів скінченного автомату;
- задачі синтаксичного розбору;
- задачі та призначення фази семантичного аналізу;
- мови внутрішнього представлення програми та їх властивості;
- синтаксично-керуємий переклад;
- технології генерації лексичних та синтаксичних аналізаторів;

2) вміс:

- розробити граматику, яка породжує речення мови цілих десятинних констант зі знаком або без;
- розробити регулярну (автоматну) граматику цілої двоїчної константи, останній символ константи буква В (Наприклад, 11В, 100В і т.д.);
- побудувати дерево синтаксичного розбору ланцюжка $x^*(x+y)$ граматики:

$G(\{x,y,+,-,(,)\}, \{E,T,F\}, P, E)$

P: 1) $E \rightarrow E+T$ 2) $E \rightarrow T$ 3) $T \rightarrow T * F$ 4) $T \rightarrow F$
 5) $F \rightarrow (E)$ 6) $F \rightarrow x$ 7) $F \rightarrow y$

5 Засоби діагностики результатів навчання

Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання з дисципліни є поточний та семестровий контроль. Поточний контроль складається з тестування, а також – захисту лабораторних та розрахунково-графічної роботи. Запитання для поточного контролю знаходяться у відповідних методичних рекомендаціях. Семестровий контроль проводиться у вигляді іспиту, запитання до якого на початку семестру розміщується у системі дистанційного навчання.

6 Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Формальні мови та граматики.

Тема 1. Вступ. Класифікація трансляторів.

Предмет та завдання курсу “Проектування трансляторів”. Основні поняття та визначення. Класифікація трансляторів та їх особливості. Етапи трансляції. Трансформація тексту вхідної програми на різних етапах трансляції.

Тема 2. Основи теорії формальних мов та граматик.

Основні поняття – словник, ланцюжок, речення, мова, термінальні символи, нетермінальні символи. Засоби завдання мов. Синтаксис, семантика та лексика мови. Формальне визначення граматики мови. Неоднозначні граматики. Еквівалентні граматики. Засоби запису синтаксису мови (метамова Хомського, БНФ, діаграми Вірта). Класифікація мов та граматик за Хомським. Вивід, ланцюжок виводу, шаг виводу. Сентенціальна форма, основа, продукція. Проблема розбору. Лівосторонній та правосторонній виводи. Дерево виводу.

Тема 3. Регулярні мови та граматики. Кінцеві автомати.

Регулярні мови та граматики. Кінцеві автомати. Діаграма переходів. Детермінований і недетермінований кінцеві автомати. Перетворення

недетермінованого кінцевого автомата в детермінований кінцевий автомат. Мінімізація кінцевого автомата. Побудова кінцевого автомата на основі регулярної граматики. Побудова регулярної граматики на основі кінцевого автомату. Матриця переходів.

Тема 4. Лексичний аналіз.

Призначення й необхідність фази лексичного аналізу. Транслітератор. Задача лексичного аналізу. Лексеми, класифікація лексем. Сканери, представлення сканерів в ЕОМ. Лексичний аналізатор. Приклад простішого лексичного аналізатору. Відмінність лексичного аналізатора від сканера. Методи лексичного аналізу.

Змістовий модуль 2. Розпізнавачі формальних мов.

Тема 5. Розпізнавачі. Задача розбору.

Загальна схема розпізнавача. Класифікація розпізнавачів. Задача розбору. Розпізнавачі КВ-мов. Автомати з магазинною пам'яттю (МП-автомат), приклад розпізнавання скобкових виразів.

Тема 6. Синтаксичний розбір.

Метод розбору. Послідовність розбору. Використання перегляду вперед. Використання повернень.

Тема 7. Низхідні розпізнавачі.

Низхідний розпізнавач зліва направо з поверненнями. Реалізація низхідного розпізнавача з поверненнями. Низхідні розпізнавачі без повернень. Розбір по методу рекурсивного спуску. Умови застосування РС-методу. Приклад реалізації РС-методу.

Тема 8. Переробка КВ-грамматик до приведеного вигляду.

Засоби переробки КВ-грамматик до приведеного вигляду: усунення некорисних символів, усунення недосяжних символів, усунення циклів, усунення ε-правил, усунення лівої рекурсії та лівої факторизації.

Змістовий модуль 3. Генератор коду.

Тема 9. Семантичний аналіз.

Класифікація засобів семантичного аналізу. Семантичний аналіз: узгодження типів, узгодження формальних та фактичних параметрів функцій. Семантичні програми. Мова внутрішнього представлення програми. Переклад інфіксного запису в польський. Реалізація семантичних програм та стеків. Семантична обробка при низхідному та висхідному розборах.

Тема 10. Генерація коду.

Синтаксично-керований переклад. Приклади семантичних програм для різноманітних конструкцій мов, оператора присвоювання, операторів вводу-виведення, операторів циклу, особливості вкладеності операторів. Розподіл пам'яті. Середовище часу виконання програми.

Тема 11. Автоматизація процесу побудови трансляторів.

Побудова парсерів з використанням інструменту ANTLR мови Java. Принцип роботи ANTLR. Побудова граматики: лексичні і синтаксичні правила. Побудова AST-дерев. Семантичні дії. Механізм Listener. Механізм Visitor. Виклик парсеру.

7 Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин			
	Усього	Денна форма		
		у тому числі		
		лк	лаб	сам
1	2	3	4	5
<i>Змістовий модуль 1. Формальні мови та граматики</i>				
Тема 1. Вступ. Класифікація трансляторів	4	1	1	2
Тема 2. Основи теорії формальних мов та граматик	6	2	1	3
Тема 3. Регулярні мови та граматики. Кінцеві автомати	3	1		2
Тема 4. Лексичний аналіз	13	2	2	13
<i>Разом – зм. модуль 1</i>	29	5	4	20
<i>Змістовий модуль 2. Розпізнавачі формальних мов</i>				
Тема 5. Розпізнавачі. Задача розбору	2	1		1
Тема 6. Синтаксичний розбір	2	1		1
Тема 7. Низхідні розпізнавачі	13	2	4	7
Тема 8. Переробка КВ-грамматик до приведеного вигляду	22	1		21
<i>Разом – зм. модуль 2</i>	39	5	4	30
<i>Змістовий модуль 3. Генератор коду</i>				
Тема 9. Семантичний аналіз	9	2	2	5
Тема 10. Генерація коду	11	2	4	5
Тема 11. Автоматизація процесу побудови трансляторів	32	2		30
<i>Разом – зм. модуль 3</i>	52	6	6	40
Усього годин	120	16	14	90

8 Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступне заняття. Ознайомлення з робочими місцями, правилами проведення та здачі лабораторних робіт. Вступний інструктаж з техніки безпеки	1
2	Побудова таблиць ідентифікаторів	1

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
3	Лексичний аналізатор. Проектування кінцевого автомата для роботи з матрицею переходів станів	2
4	Синтаксичний аналіз. Низхідний розбір з поверненнями	4
5	Внутрішнє представлення програми	2
6	Генерація коду об'єктної програми	4
Разом		14

9 Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість Годин
1	Підготовка до лабораторних робіт	20
2	Доопрацювання тем лекцій	20
3	Виконання РГР	20
4	Підготовка до іспиту	30
Разом		90

10 Індивідуальні завдання

Важливим елементом успішного засвоєння дисципліни та здобуття навичок, які передбачені освітньою програмою, є розрахунково-графічна робота (РГР). Головна мета – на прикладі індивідуального завдання засвоїти та навчитися розробляти транслятор за допомогою автоматизованих засобів побудови парсерів. Теоретичною основою для виконання РГР є навчальна література, курс лекцій та лабораторних занять. Особлива увага питанням роботи над РГР приділяється під час консультацій, у тому числі, – дистанційних. На передостанньому тижні семестру здобувач здає РГР викладачеві на перевірку, а потім захищає її.

Система формування оцінки РГР наступна.

Форми контролю виконання РГР

Вид роботи	Форма контролю	Кількість балів
Структура системи, схема та текст програми	1. Відповідність умовам завдання	0... 3
	2. Відповідність вимогам стандартів	0... 1
Пояснювальна записка	1. Обґрунтованість програмних рішень	0... 3
	2. Посилання на першоджерела	0... 1
	3. Відповідність оформлення вимогам	0... 1
	4. Своєчасність здачі	0... 2
Захист РГР	Самостійність виконання (відповіді на запитання або презентація)	0... 4

Докладна інформація щодо змісту РГР міститься в [14.2].

11 Методи контролю

Оцінювання знань здобувачів здійснюється відповідно до [«Положення про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Національного університету «Чернігівська політехніка»](#).

З дисципліни здобувач може набрати до 75% підсумкової оцінки за виконання всіх видів робіт, що виконуються протягом семестру і до 25% підсумкової оцінки – на іспиті.

Виконання та особистий захист усіх лабораторних робіт, зазначених у робочій навчальній програмі з дисципліни, є обов'язковим. Поточний контроль проводиться шляхом спілкування із здобувачами під час захисту лабораторних робіт [14.1], розрахунково-графічної роботи [14.2] та тестових контрольних робіт.

Результати поточного контролю за відповідний модуль оприлюднюються викладачем на наступному аудиторному занятті. Бали, які набрані здобувачем під час модульних контролів, у сумі складають оцінку поточного контролю.

Семестровий контроль у вигляді *іспиту* проводиться під час сесії з трьома запитаннями: двома теоретичними (по 5 балів максимум за кожне) та одним практичним (10 балів максимум). Ще до 5 балів здобувач може отримати, відповідаючи на додаткові питання. Таким чином здобувач може отримати до 25 балів.

Оцінка за результатами вивчення дисципліни формується шляхом додавання підсумкових результатів поточного контролю до екзаменаційної оцінки. Взаємозв'язок між набраними балами і оцінкою наведений у розділі 12.

Якщо студент виконав всі види робіт протягом семестру та набрав кількість балів більше 60, то він, за бажанням, може залишити набрану кількість балів як підсумкову оцінку і не складати іспит.

У випадку, якщо здобувач протягом семестру не виконав у повному обсязі передбачених робочою програмою всіх видів навчальної роботи, має невідпрацьовані лабораторні роботи, має більше 30% пропусків навчальних занять (без поважних причин) від загального обсягу аудиторних годин або не набрав мінімально необхідну кількість балів (35), він не допускається до складання іспиту під час семестрового контролю, але має право ліквідувати академічну заборгованість у порядку, передбаченому [«Положенням про поточне та підсумкове оцінювання знань здобувачів вищої освіти Національного університету «Чернігівська політехніка»](#).

В випадку повторного складання іспиту всі набрані протягом семестру бали анулюються, а повторний іспит складається з трьома питаннями: двома теоретичними (по 30 балів максимум за кожне) та одним практичним (40 балів максимум). Екзаменаційні білети знаходяться у пакеті документів на дисципліну.

Повторне складання іспиту з метою підвищення позитивної оцінки не дозволяється.

Політика дотримання академічної доброчесності ґрунтується на [«Кодексі академічної доброчесності Національного університету «Чернігівська політехніка»»](#).

12 Розподіл балів, які отримують здобувачі

Поточний контроль за результатами лабораторних робіт

		Кількість балів	
Усього		0...	100
	Підготовленість до лабораторної роботи.	0...	10
	Самостійність виконання лабораторної роботи.	0...	25
	Своєчасність виконання лабораторної роботи.	0...	15
	Повнота і якість оформлення звіту.	0...	6
	Теоретичне питання	0...	22
	Практичне завдання	0...	22

Для захисту лабораторної роботи здобувач повинен відповісти на контрольні запитання з методичних вказівок та на запитання за вибором викладача з лекційного курсу за темою лабораторної роботи та виконати практичне завдання. За кожну лабораторну роботу здобувач отримує певну кількість балів згідно наведеної вище таблиці. При цьому враховується якість оформлення звіту та повнота відповідей на запитання при захисті лабораторної роботи.

Поточний контроль за модулями

Модуль за тематичним планом дисципліни та форма контролю	Коефіцієнт	Кількість балів
Змістовий модуль 1. Формальні мови та граматики		0... 20
1 Поточний контроль за результатами захисту лабораторних робіт	0.05	0... 10
2 Тестова модульна контрольна	0.1	0... 10
Змістовий модуль 2. Розпізнавачі формальних мов		0... 20
1 Поточний контроль за результатами захисту лабораторних робіт	0.1	0... 10
2 Тестова модульна контрольна	0.1	0... 10
Змістовий модуль 3. Генератор коду		0... 20
1 Поточний контроль за результатами захисту лабораторних робіт	0.05	0... 10
2 Тестова модульна контрольна	0.1	0... 10
Розрахунково-графічна робота		0... 15
Семестрова оцінка поточного контролю		0... 75

Поточний контроль за модулями здійснюється за результатами тестових

контрольних та захисту лабораторних робіт, як сума усіх результатів за 100-бальною шкалою помножена на відповідний коефіцієнт.

Під час семестрового контролю до визначеної суми додається оцінка за відповідь на завдання іспиту, що відображається в екзаменаційній відомості. Екзаменаційна оцінка виставляється відповідно до шкали оцінювання.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсової роботи, диференційованого заліку	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
66-74	D	задовільно	
60-65	E		
0-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання

13 Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Лекційний матеріал подається у вигляді презентацій за допомогою медіа-проектора. Під час лекцій аналізуються проблемні ситуації, організується зворотний зв'язок з аудиторією шляхом формулювання запитань і стислих відповідей з обох сторін.

Лабораторне заняття включає проведення поточного контролю підготовленості здобувачів до виконання конкретної лабораторної роботи, виконання завдань теми заняття, оформлення індивідуального звіту з виконаної роботи та його захисту перед викладачем.

Рекомендована мова для побудови спрощеного транслятора – C/C++, Java, транслятор може проектуватись для будь-якої мови програмування на вибір здобувача.

14 Методичне забезпечення

1. Основи конструювання компіляторів. Методичні вказівки до лабораторного практикуму з дисципліни “Проектування трансляторів” для здобувачів спеціальності 121 – „Інженерія програмного забезпечення” [Електронний ресурс]/ Укл. Білоус І.В. – Електронні данні – ЧНТУ, 2020. – Режим доступу: <http://eln.stu.cn.ua/mod/resource/view.php?id=795>, обмежений. – Заголовок з екрану.

2. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної та самостійної роботи з дисципліни «Проектування трансляторів» для здобувачів спеціальності 121 – „Інженерія програмного забезпечення” [Електронний ресурс]/ Укл. Білоус І.В. – Електронні данні – ЧНТУ, 2020. – Режим доступу: <http://eln.stu.cn.ua/mod/resource/view.php?id=795>, обмежений. – Заголовок з екрану.

15 Рекомендована література

Базова

1. Aho A., Lam M., Sethi R., Ullman J. Compilers: Principles, Techniques, and Tools 2nd Edition – Addison Wesley, 2006. – 1040 p.
2. Scott M. L. Programming Language Pragmatics 4th Edition – Morgan Kaufmann, 2015. – 992 p.
3. Nystrom R. Crafting Interpreters – Genever Benning, 2021. – 639 p.
4. Cooper K., Torczon L. Engineering: A Compiler 2nd Edition – Morgan Kaufmann, 2011. – 824 p.

Допоміжна

1. Rozenberg G., Salomaa A. Handbook of Formal Languages: Volume 3 Springer, 2012. – 645 p.
2. Understanding Automata, Formal Languages and Grammar – Alpha Science, 2021. – 200 p.
3. Terence Parr. The Definitive ANTLR 4 Reference – The Pragmatic Bookshelf, 2012. – 328 p. – Download link: <https://pragprog.com/titles/tpantlr2/the-definitive-antlr-4-reference/>

16 Інформаційні ресурси

1. Система дистанційного навчання “moodle” [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://eln.stu.cn.ua/course/view.php?id=795>
2. ANTLR [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.antlr.org>