



Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий(магістр)</i>
Галузь знань	<i>14 Електрична інженерія</i>
Спеціальність	<i>141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка</i>
Освітня програма	<i>Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / розрахунково-графічна робота (РГР), модульна контрольна робота (МКР)</i>
Розклад занять	<i>rozklad.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>к.т.н., доцент, Торопов Антон Валерійович, тел. 066-736-54-53, email: toropovtosha@ukr.net</i> Практичні / Семінарські: <i>к.т.н., доцент, Торопов Антон Валерійович, тел. 066-736-54-53, email: toropovtosha@ukr.net</i> <i>асистент, Торопова Лілія Володимирівна, тел. 050-633-76-20, email: liliaya@ukr.net</i>
Розміщення курсу	<i>https://classroom.google.com/c/Nzc0OTI1MDM0NTgy?cjc=n3p5wigc</i>

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

Ця дисципліна є продовженням знайомства студентів з обчислювальною технікою та програмуванням. Інтегровані системи комп'ютерної математики використовуються для вирішення різноманітних навчальних, наукових та інженерних завдань за допомогою спеціальних комп'ютерних програм математичного спрямування. Ці програми являють собою сукупність теоретичних, алгоритмічних, апаратних та програмних засобів і спеціально створені для найбільш ефективного вирішення тих чи інших математичних завдань. Для вирішення більшості задач автоматизації зацікавленість викликає об'єктно-орієнтований спосіб програмування. Структурні моделі вирішують рівняння, відображені окремими модулями та блоками.

Мета вивчення дисципліни - формування у студентів теоретичних знань і практичних навичок побудови цифрових систем керування технологічними процесами і електромеханічним обладнанням. Вивчення матеріалу даної дисципліни виключно орієнтовано на широке застосування обчислювальної техніки та програмування.

Предметом навчальної дисципліни є мікропроцесорні системи автоматизації із промисловими мережами передачі даних.

Програмні результати навчання:

Компетенції: (K11) Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; (K19) Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем; (K22) Здатність до розробки засобів, способів і методів науки і техніки, спрямованих на автоматизацію діючих і створення нових автоматизованих та автоматичних технологій і виробництв.

Уміння: (ПР14) Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах; (ПР16) Вибирати елементну базу електромеханічних та мехатронних систем, комплектних електро- та гідروприводів, засобів керування, захисту, автоматизації систем електропостачання машин і установок, виробничих ділень та підприємств; (ПР17) Створювати інтелектуально - адаптивні системи автоматизованого керування і контролю технічного стану електромеханічним обладнанням на основі застосування програмовано-логічних контролерів.

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

Навчальна дисципліна «Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням» викладається на основі знань та умінь, одержаних студентами під час вивчення кредитних модулів на першому рівні освіти таких дисциплін як «Вища математика», «Фізика», «Основи програмування», тощо.

Знання та уміння, одержані в процесі вивчення кредитного модуля «Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням», є необхідними для кожного фахівця даної спеціальності, які вирішують інженерні завдання у сфері автоматизації електротехніки та мехатроніки та при виконанні магістерської дисертації.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням» складається з 5 розділів:

Розділ 1. Комп'ютерні системи автоматизації.

Тема 1.1. Програмовані логічні контролери та їх використання в комп'ютерних системах керування технологічними процесами.

Тема 1.2. Комп'ютер як елемент системи автоматизації.

Тема 1.3. Засоби вводу/виводу та системи збору даних технологічних та експериментальних параметрів.

Розділ 2. Програмування комп'ютерних систем.

Тема 2.1. Текстові мови програмування за МЕК 61131-3.

Тема 2.2. Графічні мови програмування за МЕК 61131-3.

Розділ 3. Промислові мережі та рівні промислових мереж.

Тема 3.1. Промислові мережі та рівні промислових мереж.

Тема 3.2. Реалізація промислових мереж на фізичному рівні.

Розділ 4. Стандартні послідовні інтерфейси.

Тема 4.1. Кодування інформації.

Тема 4.2. Інтерфейси зв'язку промислових контролерів та комп'ютеризованих систем керування.

Розділ 5. Протоколи зв'язку.

Тема 5.1. Основні протоколи промислових мереж.

Тема 5.2. Спеціалізовані протоколи промислових мереж.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням. Методичні вказівки до розрахунково–графічної роботи [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / А. В. Торопов, А. В. Босак, Л. В. Торопова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,14 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 44 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47788>

2. Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням. Методичні вказівки до практичних занять [Електронний ресурс] : навчальний посібник для здобувачів ступеня магістра за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / А. В. Торопов, А. В. Босак, Л. В. Торопова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 5,42 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 90 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47784>

3. Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. – К.: Вид-во “Ліра-К”, 2011. – 552 с.

4. Елементи автоматизованого електропривода: Навчальний посібник/ А.П. Калінов, В.О. Мельников. – Кременчук: Видавництво ПП Щербатих О.В. 2014-276с.

5. Drive Solutions Mechatronics for production and logistics. Edited by E.Kiel.–Berlin : SpringerVerlag, 2008. – 542 p.

6. Автоматизація виробничих процесів: підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.

Допоміжна література:

7. Гончаренко Б.М., Осадчий С.І., Віхрова Л.Г., Каліч В.М., Дідик О.К. Автоматизація виробничих процесів. – Кіровоград: Лисенко В.Ф., 2016 – 352 с
8. О.М. Пупена. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.

Літературу, бібліографія якої подана із посиланням, можна знайти в інтернеті. Літературу, бібліографія якої не містить посилання, можна знайти в бібліотеці КПІ ім. Ігоря Сікорського. Обов'язковим для прочитання є окремі розділи базової літератури [1]-[3]. Розділи базової літератури, що є обов'язковими для прочитання, а також зв'язок цих ресурсів з конкретними темами дисципліни наводиться нижче, в методиці опанування навчальної дисципліни. Усі інші літературні джерела є факультативними, з ними рекомендується ознайомитись.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Застосовуються стратегії активного навчання, які визначаються такими методами та технологіями: методи проблемного навчання (дослідницький метод); особистісно-орієнтовані технології, засновані на таких формах і методах навчання як візуалізація та інформаційно комунікаційні технології, зокрема електронні презентації для лекційних занять. Викладання проводиться у формі лекцій та практичних занять. При виконанні розрахункової роботи застосовується проблемно-пошуковий метод.

№ з/п	Зміст навчальної роботи
1-2	Лекція 1. Передумови широкого розповсюдження програмованих логічних контролерів в сучасних системах управління технологічними процесами. Основні характеристики програмованих логічних контролерів. Література: [1,3,6]. Лекція 2. Мережі автоматизованих систем управління технологічними процесами. Структура АСУ ТП. Література: [1,3].
3-4	Лекція 3. Комп'ютер як елемент системи автоматизації. Системи візуалізації і контролю та їх характеристики. Література: [4,5]. Лекція 4. Основні мови програмування контролерів. Мова структурованого тексту. Мова переліку інструкцій. Література: [1,2].
5-6	Лекція 5. Мова функціональних блоків. Мова релейних діаграм. Література: [3,6]. Лекція 6. Методи синтезу логічних схем на базі програмованих логічних контролерів. Метод карт Карно. Література: [1,2].
7-8	Лекція 7. Синтез алгоритмів керування на базі програмованих логічних контролерів методом RS-тригерів. Література: [1,2]. Лекція 8. Алгоритми керування процесами на основі графів переходу. Література: [1,2]. Модульна контрольна робота (частина №1).

9-10	Лекція 9. Відмінність між промисловими та комп'ютерними мережами передачі даних. Загальні відомості про промислові мережі. Література: [1,2]. Лекція 10. Еталонні моделі OSI та TCP/IP. Рівні моделі OSI. Література: [1,7].
11-12	Лекція 11. Реалізація фізичного рівня промислових мереж. Література: [3,7]. Лекція 12. Способи кодування інформації. Література: [3].
13-14	Лекція 13. Стандартні послідовні інтерфейси. Порівняльний огляд характеристик. Література: [3]. Лекція 14. Стандартні послідовні інтерфейси передачі сигналів диференційною напругою. Література: [1,3].
15-16	Лекція 15. Протокол AS-I. Основні переваги, особливості інтерфейсного застосування. Література: [1,3]. Лекція 16. Протокол Modbus. Відмінність між ASCII та RTU версіями. Література: [3,4].
17-18	Лекція 17. Інтерфейс CAN. Різновиди стандартів. Література: [3,5]. Лекція 18. Протокол CANopen та його особливості. Література: [3,4]. Модульна контрольна робота (частина №2).

Практичні заняття:

№ з/п	Зміст навчальної роботи
Практичне заняття №1	Синтез алгоритмів керування електроприводом шлагбаума методом карт Карно.
Практичне заняття №2	Синтез алгоритмів керування клапанами методом тактового розподільника
Практичне заняття №3	Синтез алгоритмів керування електроприводом плазмо різальної машини методом карт Карно.
Практичне заняття №4	Синтез алгоритму відпрацювання поляризованого реле
Практичне заняття №5	Синтез системи управління натисканням деталей тригерним методом RS з реалізацією внутрішнього циклу
Практичне заняття №6	Реалізація системи автоматичного вводу резерву на базі програмованого логічного контролера
Практичне заняття №7	Синтез системи керування температурою із позиційним регулятором
Практичне заняття №8	Система керування температурою припливного повітря із використанням програмного ПД – регулятора
Практичне заняття №9	Система керування тиском із використанням перетворювача частоти із вбудованим ПД – регулятором

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента передбачає:

підготовку до аудиторних занять – 60 год;

підготовку до модульної контрольної роботи – 2 год;

виконання РГР – 10 год;

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

На момент проведення кожного заняття, як лекційного, так і практичного, у студента на пристрої, з якого він працює, має бути встановлено додаток Zoom (у випадку дистанційного навчання), а також відкрито курс «Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням» на платформі «Google Classroom» (код доступу до курсу надається студентам на першому занятті згідно з розкладом). Силабус; лекційний матеріал; завдання до кожного практичного заняття; варіанти модульної контрольної роботи; тести, які потрібно виконати за лекціями; методичні рекомендації до виконання практичних робіт та розрахунково-графічної роботи; варіанти залікової контрольної роботи розміщено на платформі «Google Classroom» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

Під час проходження курсу «Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням» 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». Дедлайни виконання кожного завдання зазначено у курсі «Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням» на платформі «Google Classroom». Присутність здобувачів вищої освіти на практичних заняттях є обов'язковою. Пропущені з поважних причин заняття мають бути відпрацьовані.

Усі без виключення студенти зобов'язані дотримуватись вимог Положення про систему запобігання академічному плагіату в Національному технічному університеті України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

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

Поточний контроль: МКР (розділена на 2 частини, кожна частина МКР проводиться перед календарним контролем на лекційному занятті на другій напівпарі у присутності викладача, 10 балів), РГР (50 балів). Кожна частина МКР виконується у вигляді відповіді на теоретичне запитання з лекційного матеріалу першої і другої половини семестру, відповідно. По закінченню заняття робота над МКР закінчується і не підлягає переписуванню. Кожна частина МКР оцінюється 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 балів;
- «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.

Вимоги до написання РГР надаються у вигляді методичних рекомендацій і розміщуються на платформі «Google Classroom» та у системі «Електронний Кампус КПІ». РГР оцінюється в 50 балів за такими критеріями:

- «відмінно» – повністю виконана робота (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 43 – 50 балів;
- «добре» – в роботі містяться певні неточності (не менше 75 % потрібної інформації), надані обґрунтування недостатньо повні – 36–42 балів;
- «задовільно» – в роботі містяться суттєві неточності (не менше 60 % потрібної інформації), робота виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить значні помилки – 30– 35 балів;

– «незадовільно» – запропонований в роботі алгоритм є непрацездатним або містяться грубі неточності у розробленій електричній схемі – 0 балів. Вимоги до написання РГР надаються у вигляді методичних рекомендацій і розміщуються на платформі «Google Classroom» та у системі «Електронний Кампус КПІ».

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: : іспит.

Умови допуску до семестрового контролю: виконана і зарахована РГР

$RC(max) = 10 + 50 = 60$ балів

$RC(min) = 0 + 30 = 30$ балів

На іспиті студенти виконують письмову контрольну роботу. Екзаменаційна робота оцінюється у 39 балів. Контрольне завдання цієї роботи складається з трьох теоретичних запитань з переліку, що наданий у додатку до силабусу. Кожне запитання оцінюється в 13 балів (в разі отримання 39 балів за кожне запитання, до оцінки додається 1 бал) за такими критеріями: – «відмінно» – повна відповідь (не менше 90 % потрібної інформації), надані відповідні обґрунтування та особистий погляд – 13 балів; – «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75 % потрібної інформації), що виконана згідно з вимогами до рівня «умінь» або містить незначні неточності – 11 – 12 балів; – «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60 % потрібної інформації), виконана згідно з вимогами до «стереотипного» рівня та містить деякі помилки – 10 балів; – «незадовільно» – незадовільна відповідь – 0 балів.

Сума балів за МКР, РГР та за екзаменаційну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Екзаменаційна робота оцінюється у 39 балів, як і для очної форми навчання. Критерії оцінювання наведено вище.

Для заочної форми навчання

Поточний контроль: МКР (проводиться безпосередньо на лекційному занятті, у присутності викладача, 10 балів), РГР (50 балів). МКР виконується у вигляді відповіді на два теоретичне запитання з лекційного матеріалу. Структура РГР і питань МКР, вимоги до них та критерії оцінювання аналогічні як і для очної форми навчання і наведені вище.

Семестровий контроль: іспит. Умови допуску до семестрового контролю: виконана і зарахована РГР. Студенти, які виконали умови допуску до іспиту, виконують екзаменаційну роботу.

Сума балів за МКР, РГР та за екзаменаційну роботу переводиться до підсумкової оцінки згідно з таблицею. Екзаменаційна робота оцінюється у 39 балів, як і для очної форми навчання. Критерії оцінювання наведено вище.

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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль, наведено у додатку до силабусу.

Здобувач вищої освіти має можливість пройти онлайн курс(и) за однією або декількома темами, передбаченими робочою програмою навчальної дисципліни. Онлайн курс здобувач може обрати самостійно або за рекомендацією викладача, наприклад курс «From Wire to PLC , A Bootcamp In Industrial Automation» на платформі Udemy. 1 год прослуханого курсу оцінюється у 0,83 бали. Максимальна кількість годин, яка може бути зарахована за результатами неформальної освіти, становить 12 год, відповідно максимальна кількість балів за такі результати становить – 10 балів.

Рекомендації щодо виконання індивідуального семестрового завдання

Вивчення кредитного модуля «Комп'ютерне управління технологічними процесами, експериментом, обладнанням» передбачає виконання студентами розрахунково - графічної роботи.

1. Здійснити синтез системи автоматизації , згідно з номером завдання, одним з відомих методів синтезу логічних схем (метод карт Карно, методом RS-тригерів, метод графів).
2. Реалізувати програму автоматизації на програмованому логічному контролері за допомогою прикладного програмного забезпечення Codesys v.x.x, розробити візуалізацію технологічного процесу.
3. Перевірити працездатність алгоритму в Codesys за допомогою функції емуляції програмованого логічного контролера.
4. Запропонувати технічне рішення щодо реалізації візуалізації та архівації даних, згідно з варіантом.
5. Підібрати електротехнічне обладнання, що дозволяє вирішити необхідну задачу автоматизації.
6. Розробити монтажну електричну схему обладнання.
7. Надати перелік елементів.

Зміст розрахунково – графічної роботи.

1. Вступ.
2. Опис процедури синтезу алгоритму роботи системи автоматизації.
3. Опис алгоритму роботи системи автоматизації.
4. Опис екрану візуалізації технологічного процесу.
5. Опис обладнання, що використовуватиметься при вирішенні задачі.
6. Схема електрична монтажна на кресленні формату А3.
7. Перелік елементів.
8. Висновки з роботи.
9. Файл з програмою алгоритму автоматизації (на гнучкому носії, на диску, на USB Flash накопичувачі), що компілюється і може бути перевірена викладачем в Codesys x.x.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: доцент кафедри автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів, к.т.н., Торопов Антон Валерійович

Ухвалено кафедрою автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів. Протокол №18 від 24.06.24.

Погоджено: Методичною комісією ННІЕЕ (протокол № від .06.25)

Додаток до си­ла­бу­су освітнього компонента курсу «Комп'ютерне управління технологічними процесами, ек­спериментом, обладнанням».

Пе­релік завдань, що ви­но­сять­ся на се­ме­ст­ро­вий кон­троль.

1. Сформулюйте основні положення та визначення комп'ютерних систем управління технологічними процесами.
2. Сформулюйте ос­но­ви по­бу­до­ви е­та­лон­ної мо­де­лі OSI. Сформулюйте структуру сучасної мережі АСУ.
3. Сформулюйте ос­но­ви фор­му­ван­ня іє­рар­хі­чної мо­де­лі управ­ління під­при­єм­ством.
4. Сформулюйте ос­но­вні ха­рак­те­ри­сти­ки та прин­ци­пи ро­бо­ти ін­тер­фей­су RS-422.
5. Сформулюйте ос­но­ви пе­ре­да­чі да­них за до­по­мо­гою про­то­ко­лу Modbus ASCII.
6. Сформулюйте ос­но­ви фор­му­ван­ня е­та­лон­ної мо­де­лі OSI. Рівні OSI.
7. Сформулюйте ос­но­вні ха­рак­те­ри­сти­ки та прин­ци­пи ро­бо­ти ін­тер­фей­су «Current loop 20mA».
8. Сформулюйте ос­но­ви прин­ци­пи ро­бо­ти фі­зі­чного рів­ня пе­ре­да­чі да­них .
9. Сформулюйте ос­но­вні ха­рак­те­ри­сти­ки та прин­ци­пи ро­бо­ти ін­тер­фей­су RS485.
10. Сформулюйте ос­но­ви пе­ре­да­чі да­них за до­по­мо­гою про­то­ко­лу Modbus RTU.
11. Сформулюйте ос­но­ви прин­ци­пи пе­ре­да­чі да­них по ме­та­ле­во­му про­во­ду .
12. Сформулюйте ос­но­вні ха­рак­те­ри­сти­ки та прин­ци­пи ро­бо­ти ін­тер­фей­су RS232.
13. Сформулюйте прин­ци­пи пе­ре­да­чі да­них по Modbus.
14. Сформулюйте ос­но­ви прин­ци­пи пе­ре­да­чі да­них за до­по­мо­гою без­дрото­вого зв'язку.
15. Сформулюйте ос­но­вні ха­рак­те­ри­сти­ки та від­мін­но­сті про­ми­сло­вих по­слі­дов­них ін­тер­фей­сів.
16. Сформулюйте ос­но­ви фор­му­ван­ня сучасної мережі АСУ.
17. Сформулюйте прин­ци­пи пе­ре­да­чі да­них по CANopen.
18. Сформулюйте від­мін­но­сті між про­ми­сло­ви­ми і комп'ю­тер­ни­ми ме­ре­жа­ми.
19. Сформулюйте ос­но­вні від­мін­но­сті стан­дарт­них про­ми­сло­вих ін­тер­фей­сів.
20. Сформулюйте прин­ци­пи пе­ре­да­чі да­них за до­по­мо­гою ін­тер­фей­су CAN.
21. Сформулюйте ос­но­ви прин­ци­пи пе­ре­да­чі да­них за до­по­мо­гою оп­то­во­ло­кон­ного ка­бе­лю.
22. Сформулюйте ос­но­вні ха­рак­те­ри­сти­ки та прин­ци­пи ро­бо­ти ін­тер­фей­су AS-I.
23. Сформулюйте та по­яс­ніть на при­кла­дах пе­ре­ва­ги тек­сто­вих мов про­гра­му­ван­ня над гра­фіч­ни­ми.
24. Сформулюйте пе­ре­ва­ги ви­ко­ри­стан­ня систем ві­зу­а­лі­за­ції та кон­тро­лю на ос­но­ві комп'ю­терів.