

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки (№ 503)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК

 М.С. Зряхов
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 30 » серпня 2019 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Операційні системи

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 12 "Інформаційні технології"
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 123 "Комп'ютерна інженерія"
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Комп'ютерні системи та мережі

Освітня програма: Системне програмування

Освітня програма: Програмовні мобільні системи та Інтернет речей
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

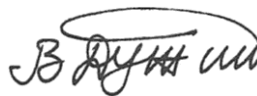
Харків 2019 рік

Робоча програма Операційні системи
(назва дисципліни)
для студентів за спеціальністю 123 "Комп'ютерна інженерія"
освітньою програмою Комп'ютерні системи та мережі
освітньою програмою Системне програмування
освітньою програмою Програмовні мобільні системи та Інтернет речей

« 26 » 08 2019 р., – 14 с.

Розробник: Дужий В. І., доцент, к.т.н.

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

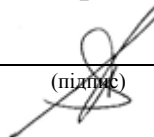
Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри _____
комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » 08 2019 р.

Завідувач кафедри д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

В. С. Харченко

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання) |
|--|---|---|
| Кількість кредитів – 4 | <p>Галузь знань <u>12 "Інформаційні технології"</u> (шифр та найменування)</p> <p>Спеціальність <u>123 "Комп'ютерна інженерія"</u> (код та найменування)</p> <p>Освітня програма <u>Комп'ютерні системи та мережі</u> <u>Системне програмування</u> <u>Програмовні мобільні системи та Інтернет речей</u> (найменування)</p> <p>Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)</p> | Цикл професійної підготовки |
| Кількість модулів – 1 | | Навчальний рік |
| Кількість змістовних модулів – 2 | | 2019/ 2020 |
| Індивідуальне завдання: <u>немає</u> | | Семестр |
| Загальна кількість годин: 48 / 120 | | 4-й |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4,5 | | Лекції ¹⁾ |
| | | 32 годин |
| | | Практичні, семінарські¹⁾ |
| | | 08 годин |
| | | Лабораторні ¹⁾ |
| | 08 годин | |
| | Самостійна робота | |
| | 72 годин | |
| | Вид контролю | |
| | іспит | |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 48 / 72;

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: (ОК20) надання студентам знання і навичок у галузі фундаментальних концепцій і практичних рішень, які є основою сучасних операційних систем, використання можливостей операційної системи; ознайомлення з функціями, структурою, принципами побудови, методами розробки, основами функціонування і використання операційних систем різного рівня складності і їх компонентів,

а також засвоєння основних принципів побудови сучасних операційних систем (ОС) та задач, вирішуваних ними; засвоєння класичних алгоритмів, застосованих в реальних ОС.

Завдання: (ОК20) формування у студентів базових системних понять і навичок, цілісного бачення сучасного рівня основних характеристик системного програмного забезпечення (ПЗ) обчислювальної машини, які явно відображаються в програмах і повинні бути враховані при розробці і виконанні програм: принципи, методи й інструментальні засоби розробки ПЗ і засоби його удосконалення; методи керування зовнішніми пристроями і методи маніпулювання пам'яттю; посилення міждисциплінарних зв'язків, розвиток системного мислення, без яких неможливе ефективне використання інформаційних технологій, а також:

- придбання знань про архітектуру ОС Windows, Linux, Android;
- придбання знань про структури даних, які використовуються у базових підсистемах сучасних ОС;
- придбання знань про алгоритми роботи базових підсистем сучасних ОС;
- придбання знань про об'єкти ядра та API ОС, які використовуються у системному програмуванні.

Програмні компетентності. Дисципліна має допомогти сформувати у студентів такі компетентності:

- (ЗК2) здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;
- (ФК6) здатність проектувати, впроваджувати та обслуговувати комп'ютерні системи та мережі різного виду та призначення;
- (ФК13) здатність вирішувати проблеми у галузі комп'ютерних та інформаційних технологій, визначати обмеження цих технологій;
- (ФК15) здатність аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих задач, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення.

Програмні результати навчання. В результаті вивчення дисципліни студенти мають досягти такі програмні результати навчання:

- (ПРН7) вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності;
- (ПРН10) вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.

Крім того, в результаті вивчення дисципліни студенти повинні буди здатними розуміти принципи створення операційних систем, алгоритми їх

функціонування та структури даних, які використовують для реалізації цих алгоритмів.

Міждисциплінарні зв'язки. Матеріал дисципліни базується на знаннях, отриманих під час вивчення дисциплін із циклу загальної підготовки, зокрема (ОК10) "Вища математика", (ОК6) "Фізика", (ОК4) "Іноземна мова".

Матеріал дисципліни базується на знаннях, отриманих під час вивчення дисциплін із циклу професійної підготовки, а саме (ОК9) "Дискретна математика", (ОК36) "Навчальна практика", (ОК21) "Філософія", (ОК22) "Моделі та структури даних", (ОК17) "Архітектура комп'ютерів", (ОК20) "Операційні системи".

Матеріал, засвоєний під час вивчення цієї дисципліни, є базою для дисциплін із циклу професійної підготовки, а саме (ОК23) "Системне програмування", (ВБ1.10) "Операційні системи".

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Базова організація ОС

Змістовний модуль 1. Базові поняття ОС. Організація базових сервісів ОС

Тема 1. Предмет, мета вивчення і задачі дисципліни.

Структура і зміст дисципліни, а також методичні рекомендації по її вивченню. Місце дисципліни в навчальному процесі. Вимоги до знань і умінь студентів. Характеристика рекомендованих під час вивчення дисципліни джерел інформації.

Функції і призначення ОС. Вимоги до ОС. Функції ОС. Склад ОС (Основні підсистеми ОС). Поняття "ресурсу" (актива) комп'ютера.

Тема 2. Архітектура ОС.

Види системних архітектур програми. Поняття ядра. Монолітне ядро. Ядро на основі мікроархітектури. Платформа. Віртуалізація. Віртуальна машина. Ядро на основі Framework.

Тема 3. Технічні засоби комп'ютера.

Ресурс "Процесор". Режими роботи процесора. Програмно доступні регістри. Призначені для користувача регістри. Системні регістри. Прапорці. Рівні захисту. Сегмент стану завдання. Потік.

Ресурс "введення-виведення". Склад периферійного пристрою. Способи підключення периферійного пристрою до процесора. Архітектура адаптера. Проблеми організації введення-виведення. Ізольоване введення-виведення. Команди вводу-виводу. Порти.

Введення-виведення, відображений на пам'ять. Драйвер Введення-виведення.

Способи обміну інформацією. Програмно-керовані способи обміну. Апаратно-керовані способи обміну.

Тема 4. Переривання процесора.

Види переривань. Програмні переривання. Виключення. Зарезервовані виключення.

Переривання процесора. Види переривань. Апаратні переривання.

Множинні переривання. Пріоритети пристроїв. Види таймерів.

Тема 5. Еволюція ОС.

Покоління ОС. Послідовні машини.

Пакетні системи. Структура ОС. Монітор. Мова обробки завдань. Технічні рішення.

Багатозадачні пакетні системи. Структура ОС. Технічні рішення.

Інтерактивні системи. ОС реального часу. Технічні рішення.

Сучасні ОС. Мобільні обчислення. Хмарні обчислення. Типи інфраструктур: IaaS, PaaS, SaaS.

Тема 6. Процеси.

Поняття ресурсу ОС. Поняття процесу, потоку. Операції з процесами. Стан процесу. Модель ОС з 5-а станами процесів. Модель ОС з 6-а станами процесів. Модель ОС з 7-а станами процесів. Опис процесів. Системні таблиці для роботи з процесами.

Атрибути процесів. PCB. Структури даних, що використовуються диспетчером процесів. Образ процесу.

Тема 7. Планування.

Мета планування. Види планування. Завдання довгострокового планування. Завдання середньострокового планування. Завдання короткострокового планування. Критерії планування.

Види стратегій. Пріоритет процесів. Параметри стратегії.

Стратегія FCFS. Стратегія SPN. Стратегія HRRN. Стратегія SRT. Стратегія RR. Характеристики. Достоїнства і недоліки.

Багаторівнева стратегія зі зниженням пріоритетів.

Стратегія "справедливе планування". Формули.

Тема 8. Пам'ять.

Ресурс "Пам'ять". Вимоги до управління пам'яттю. Багаторівнева організація пам'яті.

Поняття віртуальної пам'яті. Принципи організації. Достоїнства і недоліки. Механізм роботи. Поняття локалізації.

Завдання диспетчера пам'яті. Види розподілу пам'яті.

Тема 9. Прості способи управління пам'яттю.

Прості способи розподілу пам'яті. Розподіл пам'яті з фіксованими розділами однакової довжини. Розподіл пам'яті з фіксованими розділами різної довжини.

Динамічний розподіл пам'яті. Поняття фрагментації пам'яті в системах з динамічним розподілом. Оптимізація пам'яті в системах з динамічним розподілом. Алгоритми виділення пам'яті процесам в системі з динамічним розподілом.

Розподіл пам'яті з системою двійників. Система ледачих двійників.

Тема 10. Сегментно-сторінковий розподіл пам'яті.

Сторінковий розподіл пам'яті. Таблиця сторінок процесу. Обчислення адреси.

Сегментний розподіл пам'яті. Таблиця сегментів процесу. Обчислення адреси.

Сегментна організація пам'яті у реальному режимі МП x86. Схема формування адреси. Сегментні регістри. Завантаження сегментних регістрів у програмі.

Модуль 11. Віртуальна організація пам'яті.

Віртуальна сторінкова організація пам'яті. Формат адреси. Таблиця сторінок процесу. Формат запису. Схема формування адреси.

Віртуальна сегментна організація пам'яті. Формат адреси. Таблиця сегментів процесу. Формат запису. Схема формування адреси.

Багаторівнева сторінкова організація. Необхідність. Формат адреси. Таблиці сторінок процесу. Принцип організації. Схема формування адреси.

Модуль 12. Програмна підтримка пам'яті.

Віртуальна організація пам'яті.

Програмна підтримка віртуальної пам'яті. Резидентна множина. Поняття заміщення сторінок. Алгоритми заміщення.

Оптимальний алгоритм. Алгоритм FIFO. Часовий алгоритм. Алгоритм LRU. Алгоритм NRU. Алгоритм NFU.

Модульний контроль.

Змістовний модуль 2. Паралельні обчислювання. Багатопроцесорна обробка

Тема 13. Взаємовиключення.

Поняття і необхідність взаємовиключення. Принципи організації взаємовиключення. Методи реалізації взаємовиключення. Способи програмної реалізації взаємовиключення.

Алгоритм версії 1. Алгоритм версії 2. Алгоритм версії 3. Алгоритм версії 4. Алгоритм Деккера. Алгоритм Петерсона. Алгоритм Лемпорта.

Способи апаратної реалізації взаємовиключення. Команди процесора testAndSet і xchg.

Тема 14. Семафори.

Реалізація взаємовиключення засобами ОС. Поняття семафора. Операції з семафорами. Види семафорів. Реалізація бінарних семафорів. Реалізація рахуючих семафорів.

Тема 15. Класичні задачі паралельних обчислень.

Реалізація взаємовиключення за допомогою семафорів. Реалізація синхронізації двох нерівноправних процесів за допомогою семафорів.

Задача виробник-споживач. Постановка задачі. Рішення задачі використанням семафорів для нескінченної черги.

Задача виробник-споживач. Постановка задачі. Рішення задачі використанням семафорів для кінцевої черзі.

Тема 16. Повідомлення.

Передача повідомлень. Функції для роботи з повідомленнями. Види синхронізації. Формат повідомлення. Адресація учасників. Види адресації.

Реалізація критичної секції і синхронізації за допомогою повідомлень.

Реалізація задачі виробник-споживач за допомогою повідомлень.

Тема 17. Багатопроцесорна обробка.

Архітектура SMP. Організація симетричної багатопроцесорної системи. Архітектура багатопроцесорних систем.

Підтримка симетричної мультипроцесорної обробки.

Реалізація підтримки багатопроцесорної обробки в Windows і Linux.

Модульний контроль.

4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістовних модулів і тем | Кількість годин | | | | |
|--|-----------------|--------------|----------|----------|-----------|
| | Денна форма | | | | |
| | Усього | У тому числі | | | |
| | | л | п | лаб. | с. р. |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Модуль 1 | | | | | |
| Змістовний модуль 1. Базові поняття ОС. Організація базових сервісів ОС | | | | | |
| Тема 1. Предмет, мета вивчення і задачі дисципліни. | 2 | 2 | | | |
| Тема 2. Архітектура ОС. | 4 | 2 | | | 2 |
| Тема 3. Технічні засоби комп'ютера. | 4 | 2 | | | 2 |
| Тема 4. Переривання процесора. | 3 | 1 | | | 2 |
| Тема 5. Еволюція ОС. | 1 | 1 | | | |
| Тема 6. Процеси. | 6 | 2 | | | 4 |
| Тема 7. Планування. | 8 | 2 | 2 | | 4 |
| Тема 8. Пам'ять. | 4 | 2 | | | 2 |
| Тема 9. Прості способи управління пам'яттю. | 6 | 2 | 2 | | 2 |
| Тема 10. Сегментно-сторінковий розподіл пам'яті. | 8 | 2 | 2 | | 4 |
| Тема 11. Віртуальна організація пам'яті. | 6 | 2 | | | 4 |
| Тема 12. Програмна підтримка пам'яті. | 8 | 2 | 2 | | 4 |
| Модульний контроль | | | | | |
| Разом за змістовним модулем 1 | 60 | 22 | 8 | | 30 |
| Змістовний модуль 2. Паралельні обчислювання. Багатопроекторна обробка | | | | | |
| Тема 13. Взаємовиключення. | 16 | 2 | | 4 | 10 |
| Тема 14. Семафори. | 14 | 2 | | 2 | 10 |
| Тема 15. Класичні задачі паралельних обчислень. | 14 | 2 | | 2 | 10 |
| Тема 16. Повідомлення. | 12 | 2 | | | 10 |
| Тема 17. Багатопроекторна обробка. | 4 | 2 | | | 2 |
| Модульний контроль | | | | | |
| Разом за змістовним модулем 2 | 60 | 10 | | 8 | 42 |
| Усього годин за дисципліною | 120 | 32 | 8 | 8 | 72 |

5. Теми семінарських занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|-----------------------|-----------------|
| 1 | <i>Не передбачено</i> | |

| | | |
|--|--------------|--|
| | Разом | |
|--|--------------|--|

6. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Вивчення принципів роботи кеш-пам'яті. | 2 |
| 2 | Вивчення простих алгоритмів планування. | 2 |
| 3 | Вивчення алгоритму справедливого планування. | 2 |
| 4 | Вивчення принципів роботи сторінкової та сегментної організації пам'яті. | 1 |
| 5 | Вивчення алгоритмів заміщення віртуальної пам'яті. | 1 |
| | Разом | 8 |

7. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Вивчення програмної реалізації алгоритмів взаємовиключень. | 2 |
| 2 | Програмне моделювання семафорів. | 3 |
| 3 | Реалізація класичних задач паралельного програмування за допомогою семафорів. | 3 |
| | Разом | 8 |

8. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|-------|---|-----------------|
| 1 | Архітектура ОС. | 2 |
| 2 | Технічні засоби комп'ютера. | 2 |
| 3 | Переривання процесора. | 2 |
| 4 | Процеси. | 4 |
| 5 | Планування. | 4 |
| 6 | Пам'ять. | 2 |
| 7 | Прості способи управління пам'яттю. | 2 |
| 8 | Сегментно-сторінковий розподіл пам'яті. | 4 |
| 9 | Віртуальна організація пам'яті. | 4 |
| 10 | Програмна підтримка пам'яті. | 4 |
| 11 | Взаємовиключення. | 10 |
| 12 | Семафори. | 10 |
| 13 | Класичні задачі паралельних обчислень. | 10 |
| 14 | Повідомлення. | 10 |
| 15 | Багатопроцесорна обробка. | 2 |

| | |
|--------------|-----------|
| Разом | 72 |
|--------------|-----------|

9. Індивідуальні завдання

Не передбачено

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних, лабораторних занять, консультацій, а також самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, тестування знань, письмового модульного контролю, підсумковий контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

| Складові навчальної роботи | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|---------------------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Змістовний модуль 1 | | | |
| Робота на практичних заняттях | 0...5 | 5 | 0...25 |
| Тестовий контроль | 0...5 | 4 | 0...20 |
| Модульний контроль | 0...20 | 1 | 0...20 |
| Змістовний модуль 2 | | | |
| Виконання і захист лабораторних робіт | 0...5 | 3 | 0...15 |
| Тестування знань | 0...5 | 2 | 0...10 |
| Модульний контроль | 0...15 | 1 | 0...10 |
| Усього за семестр | | | 0...100 |

Семестровий контроль у вигляді іспиту проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається із двох теоретичних та одного практичного запитання, максимальна кількість балів за кожне теоретичне запитання, складає 34 балів, а за практичне – 32 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- знати функції та алгоритми роботи кеш-пам'яті;
- знати алгоритми планування процесора;
- знати головні принципи побудови системи керування процесами;

- знати головні принципи побудови системи керування пам'яттю;
 - знати головні ресурси комп'ютера з погляду операційної системи;
 - знати головні методи паралельного програмування;
 - знати головні об'єкти операційної системи для міжпроцесної взаємодії;
- Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:
- уміти обчислювати адреси у кеш-пам'яті;
 - уміти обчислювати адреси у пам'яті підсистемі пам'яті з сегментною та сторінковою організацією;
 - уміти застосовувати алгоритми планування;
 - уміти розробляти та тестувати програми, які керуються станами;
 - уміти розробляти та тестувати програми, які моделюють програмні алгоритми взаємовиключень;
 - уміти розробляти та тестувати програми, які використовують об'єкти операційної системи.
- Необхідний обсяг навичок для одержання позитивної оцінки:
- вміти створювати кілька проектів в одному рішенні у середовищі MS Visual Studio;
 - вміти розробляти програми, які керуються станами (на основі автоматної моделі);
 - вміти розробляти, запускати на виконання та тестувати програми у середовищі MS Visual Studio із використанням технології Windows Form;
 - вміти використовувати середовище MS Excel для моделювання та обчислення типових задач, які вирішує операційні системи.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60 – 74). Показати мінімум знань та умінь. Показати позитивні результати по практичним роботам 1 – 3.

Знати алгоритми роботи планувальників.

Добре (75 – 89). Твердо знати мінімум. Показати позитивні результати по практичній роботі 4 і лабораторним роботам 1 – 2.

Знати алгоритми роботи кеш-пам'яті. Знати алгоритми роботи простих методів розподілу пам'яті. Знати алгоритми роботи сторінкових і сегментних методів розподілу пам'яті.

Знати програмні та апаратні методи реалізації взаємовиключень.

Вміти тестувати алгоритми розподілу пам'яті.

Вміти розробляти та тестувати типові задачі моделювання програмних та апаратних методів взаємовиключення, які вирішують програмно за допомогою Windows Form.

Відмінно (90 – 100). Здати всі практичні і лабораторні роботи з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми та уміти їх застосовувати.

Знати методи реалізації взаємовиключень за допомогою семафорів та критичних секцій.

Вміти програмно реалізувати семафори.

Вміти розробляти та тестувати типові задачі паралельного програмування, які вирішують за допомогою семафорів.

Вміти розробляти та тестувати типові задачі моделювання, які вирішують за допомогою моніторів.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

| Сума балів | Оцінка за традиційною шкалою | |
|------------|-------------------------------|---------------|
| | Іспит, диференційований залік | Залік |
| 90 – 100 | Відмінно | Зараховано |
| 75 – 89 | Добре | |
| 60 – 74 | Задовільно | |
| 0 – 59 | Незадовільно | Не зараховано |

13. Методичне забезпечення

1. Дужий В. І. Теоретичне введення до лабораторних робіт.
2. Дужий В. І. Лабораторні роботи.
3. Дужий В. І. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт.

14. Рекомендована література

Базова

1. Шеховцов В.А. Операційні системи. К.: Видавнича група ВНУ, 2005. – 576 с., іл.
2. Столлинг В. Операционные системы. СПб.: ВНУ – Санкт-Петербург, 2000. – 522 с., ил.
3. Таненбаум Э. Современные операционные системы. 2-изд. – СПб.: Питер, 2010. – 1120 с., ил.
4. Русинович М., Соломон Д., Ионеску А. Внутреннее устройство Windows. Питер, 2018. – 944 с.
5. Робачевский А.М. Операционная система UNIX. СПб.: ВНУ – Санкт-Петербург, 1997. – 528 с., ил.
6. Рихтер Дж. Windows для профессионалов: создание эффективных Win32-приложений с учетом специфики 64-разрядной версии. 4-е изд. – СПб.: Питер, 2001. – 752 с.
7. Чан Т. Системное программирование на C++ для UNIX. – К.: Издательская группа ВНУ, 1997. – 592 с.
8. Вильямс А. Системное программирование в Windows 2000 для профессионалов. – СПб.: Питер, 2001. – 624 с.

Допоміжна

1. Краковяк С. Основы организации и функционирования ОС ЭВМ: Пер. с франц. – М.: Мир, 1988. – 480 с., ил.

2. Митчел М., Оулдем Дж., Самюэл А. Программирование для Linux. Профессиональный подход. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2002. – 288 с.

3. Петцольд Ч. Программирование с использованием Microsoft Windows Forms. Мастер-класс. – М.: Русская редакция; СПб.: Питер, 2006. – 432 с.

15. Інформаційні ресурси

1. Microsoft Developer Network [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.microsoft.com/>

2. Архитектура комп'ютера [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://inf1.info/book/export/html/44>

3. Вікіпедія – вільна енциклопедія [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ru.wikipedia.org/>

4. Википедия – свободная энциклопедия [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ru.wikipedia.org/>

5. Wikipedia [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.wikipedia.org/>

6. Timus Online Judge – архив задач с проверяющей системой [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://acm.timus.ru>

7. Сервис онлайн-тестирования Quizful [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.quizful.net/>

8. Центр тестирования Brainbench [Електрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://http://www.brainbench.com/>

9. Программирование на ассемблере для начинающих и не только [Електрон. ресурс]. – <http://asmworld.ru/files/>.