



## ГЛАВА 5. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗРАБОТАННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА К МОДЕЛИРОВАНИЮ СЕТЕВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

USE OF DEVELOPED COMPUTER PROGRAMS IN THE TRAINING OF FUTURE RAILWAY SPECIALISTS FOR MODELING NETWORK TECHNOLOGIES  
ВИКОРИСТАННЯ РОЗРОБЛЕНИХ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРОГРАМ У ПІДГОТОВЦІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ К МОДЕЛЮВАННЮ МЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

DOI: 10.30888/2663-9874.2020-02-003

### Вступ

**Постановка проблеми.** У світі настав час індустріальної революції, галузь залізничного транспорту повинна бути одним із лідерів по впровадженню систем та технологій Industry 4.0 [16]. У освітніх програмах університети ураховують рекомендації щорічних звітів NMC Horizon Report Higher Education Edition. Останніми роками в них значне місце відводиться обговоренню освітніх програм, націлених на підготовку фахівців, затребуваних новими виробничими галузями, які породжуються Industry 4.0 [6]. Через еволюції суспільства концепція навчання змінюється, як і концепція навчальної програми; ці зміни вимагають впровадження в навчальні плани ХХІ століття нових та удосконалення існуючих методів навчання. Вирішення цього питання можливо при застосуванні інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ) освітнього призначення, зокрема, комп'ютерних програм (КП) з використанням об'єктно-орієнтованого підходу (ООП) до моделювання, спрямованих на формування у майбутніх фахівців залізничного транспорту їх предметної компетентності: дослідження існуючих і проектування нових мереж.

**Аналіз останніх досліджень.** Узагалі застосуванню ООП до моделювання присвячені роботи Буча Г., Васи́лакіна В., Йордона Е., Крепкої З., Меллюра С., Сіліч М., Труба І. та ін. Аналіз наукових досліджень [4], [5], [15], [20], [21], [22] навчальної та методичної літератури [3], [6], [10], [11], [12], [14], інтернет-джерел [16] указав на проблеми: 1) використання різних технологій на залізничному транспорті в Україні та за кордоном (мережі Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet [15], [19], бездротові мережі [20], [21], мережі маркерних технологій [17], [22]); 2) відсутність загальної методики дослідження мережевих технологій з урахуванням сучасного стану їх використання на залізничному транспорті та вимог щодо підготовки майбутніх



фахівців. Для розв'язання дослідницьких задач мережевих технологій використовується метод імітаційного моделювання. Зокрема, програма NetCracker Pro будує моделі технологій родини Ethernet для проведення на них досліджень характеристик, але їх спектр обмежений, а суттєвим недоліком програми Cisco Packet Tracer вважається неможливість використання обладнання відмінного від фірми Cisco, тому доцільно використання КП. Для прогнозування та маршрутизації Ethernet-трафіку складені КП різними мовами (Object Pascal, C++, Java та ін.) в різних системах (C++Builder, JBuilder, Alice, OMNet++, OpNet та ін.) та з використанням різних апаратів: мереж Петрі ([12], 2010); систем масового обслуговування ([10], 2012); кліткових автоматів ([13], 2015); Ateb-функцій ([2], 2017), але вони не придатні до підготовки фахівців залізничного транспорту: 1) дуже складні математичні апарати їм не відомі; 2) відсутній відкритий доступ до висококоштовних систем; 3) відсутність навичок програмування з усіх мов.

**Метою роботи** є використання розроблених КП, створених в Delphi, що передбачають інтерактивну форму навчання, у підготовці майбутніх фахівців залізничного транспорту к моделюванню маркерних технологій на основі ООП.

### **5.1. Загальна характеристика розроблених комп'ютерних програм**

Програмна модель мережі повинна відтворювати процеси генерації повідомлень додатками, розбиття повідомлень на пакети і кадри певних протоколів, затримки, які пов'язані з обробкою повідомлень, пакетів і кадрів, процес отримання доступу комп'ютером до поділюваного середовища, процес обробки пакетів комунікаційним обладнанням та ін. Слід зазначити, що маркерні технології мають деякі переваги в зрівнянні з технологіями родини Ethernet: детермінована природа самих маркерних методів доступу; передача більшого об'єму даних; призначення пріоритетів даних та існування механізмів їх обробки; відмовостійкість мереж. Відомо, що до маркерних технологій відносяться такі технології, в основі яких методи: маркерний метод доступу до шини (технологія Token Bus); маркерний метод доступу до кільця (технології Token Ring та FDDI). Треба зазначити, що функціонування локальних мереж за маркерними технологіями [17], [18], спирається на таких важливих поняттях, як: фізична та логічна топологія мережі; маркер, час утримання маркера станцією мережі, час обертання маркера по кільцю, формат кадру та маркера; діаграма станів канального рівня станції мережі, що визначає той чи інший



метод доступу до середи відповідно до існуючих міжнародних стандартів; керуючі процедури (або процеси керування); механізм призначення та обробки пріоритетів; реалізація відмовостійкості мереж.

Для всіх КП обрана мова *Delphi* з використанням ООП, основними перевагами якої являються те, що вона дозволяє без перешкод створювати власні компоненти та використовувати їх в програмі, і також має потужні графічні можливості, які роблять програму більш наочною, цікавою та зрозумілою, що відіграє не останню роль при використанні в навчальному процесі. Відомо, що при моделюванні мережі *значну вагу має питання адекватності отриманої моделі*. Оцінку адекватності моделі мережі на основі КП можливо отримати наступними засобами: зрівняти отримані результати роботи моделі мережі на КП з результатами вже існуючих програмних моделей інших науковців; зрівняти значення деякої мережної характеристики, що знята на моделі мережі, та підрахована з використанням відповідного математичного апарату. Але перший підхід досить важко реалізувати (треба мати доступ до іншої програмної моделі, що практично неможливо), а другий підхід можливо реалізувати (*провести відповідний математичний розрахунок при спрощених умовах функціонування програмної моделі мережі*).

На «Token Bus», «FDDI» та «Study-AnyLAN» отримані авторські свідоцтва [7], [8], [9] відповідно. Організація моделювання маркерних технологій відбувається за наступною схемою: *основні положення та фундаментальні принципи технології; обмеження, початкові дані, результуючі характеристики програми та її структура; тестування та апробація*.

## **5.2. Комп'ютерна програма «Token Bus»**

*Основні положення та фундаментальні принципи технології Token Bus*. У методі маркерного доступу до шини розрізняються чотири черги запитів для зберігання кадрів, які чекають на передачу (класи доступу). Кожна станція мережі повинна мати один таймер утримання маркера для 6-го класу та три таймери обертання маркера для трьох нижчих класів доступу (4, 2 та 0); розроблена відповідна діаграма станів канального рівня станції мережі, що покладена в основу комп'ютерної програми.

*Обмеження, які накладаються на «Token Bus»*: розглядається тільки процес передачі кадрів та маркера; довжина зв'язків між станціями мережі не враховується; станції мережі підключені в суворо визначеній послідовності;



довжина заявки, що генерується, не потребує розбиття на кадри.

*Початкові параметри «Token Bus».* Діалогова форма, де користувач вводить дані для подальшого моделювання, складається з наступних елементів: швидкість передачі даних; кількість станцій мережі; інтенсивність генерації заявок; кількість кадрів, які передає станція мережі за час утримання маркеру; довжина кадру даних; у полі «Вхідний потік» є можливість обрати закон розподілення вірогідностей часу появи заявок на станції мережі; у полі «Поява заявки» для кожного класу доступу вказується відсоток появи заявок; у полі «Тип моделі» можна обрати моделювання в стійкому стані або з підключенням керуючих процедур; за результатами введених параметрів мережі в полі «Константи» розраховуються значення часу утримання маркеру та часу обертання маркера за відомими формулами.

*Результуючі характеристики «Token Bus»:* максимальний час очікування заявки в черзі для кожного класу доступу; час реакції мережі; корисна пропускна спроможність мережі розраховується за формулою:

$$C^k = \frac{l^{\text{бд}} \cdot k}{t_{\text{мод}}} \quad (1)$$

де  $C^k$  – корисна пропускна спроможність мережі,  $l^{\text{бд}}$  – розмір блоку даних кадра,  $k$  – кількість переданих кадрів;  $t_{\text{мод}}$  – час моделювання.

*Структура «Token Bus»* складається з наступних форм: «Діалог»; «Моделювання»; «Результати». Форма «Діалог» призначена для завдання параметрів локальної мережі; існує можливість запуску моделі зі значеннями по замовчуванню або зі значеннями, які вводить користувач, що будуть знаходитися у припустимому діапазоні, після чого виконується автоматичний розрахунок необхідних констант. До форми «Діалог» надходять наступні функції: «Ініціалізація початкових значень»; «Уведення користувацьких даних»; «Підтвердження введених даних»; «Розрахунок та виведення констант»; «Перехід до моделювання». Форма «Моделювання» призначена для відображення процесу моделювання локальної мережі за маркерного методу доступу до шини з заданими параметрами. Представляє користувачу можливість зміни деяких параметрів локальної мережі та відображає стан основних параметрів мережі в процесі моделювання. Форма «Моделювання» складається з наступних функцій: «Ініціалізація початкових умов»; «Генерація заявок»; «Передача даних»; «Оцінка стану моделі, створення відгуків»; «Відображення стану моделі». Форма «Результати» призначена для виведення вихідних характеристик локальної мережі; до цієї форми належить



функція «Виведення відгуків» відображає відгуки, що розраховані на момент завершення моделювання. Натиснувши кнопку «Результати» з'являється відповідна програмна форма з результуючими характеристиками.

*Тестування «Token Bus».* Довжина кадру складає  $8195 \cdot 8 = 65560$  біт. Розрахуємо час передачі одного кадру як  $65560/10 = 6556$  мкс; отримане значення округлюємо до десятків  $6556 \approx 6560$  мкс. Тепер розрахуємо час передачі для чотирьох кадрів, як:  $6560 \cdot 4 = 26240$  мкс. Відповіді, що одержані на КП, та за математичним розрахунком співпадають; можливо вважати, що створена *модель мережі адекватна*.

*Апробація «Token Bus».* На основі використання «Token Bus» викладач може запропонувати студенту знайти розв'язок задач різної складності з придбанням практичних навичок розрахунку часу утримання маркеру станцією 6-го класу доступу та часу обертання маркеру для 4, 2 та 0-го класів доступу.

### 5.3. Комп'ютерна програма «FDDI»

*Основні положення та фундаментальні принципи технології FDDI (Fiber Distributed Data Interface),* що дозволяє обробляти два типи трафіка (синхронний та асинхронний) [17]. За синхронного трафіка необхідно частіше передавати дані, але невеликими порціями, а за асинхронного – рідше, але великими порціями. При цьому для різних типів трафіка передбачено різний час утримання маркера: для синхронного трафіка – це константа, яка задається адміністратором мережі, для асинхронного – змінна, яка залежить від того, як швидко маркер обійшов кільце та повернувся на станцію мережі:

$$THT^{ac} = T\_MAX - TRT, \quad (2)$$

де  $THT^{ac}$  (Token Holding Time) – час утримання маркера для асинхронного трафіка,  $T\_MAX$  – максимально припустимий час обертання маркера по кільцю, який визначається під час процедури Claim Token;  $TRT$  (Token Rotation Time) – фактичний час обертання маркера по кільцю.

Максимально припустимий час обертання маркера по кільцю FDDI визначається за формулою:

$$T\_MAX = \min_{1 \leq i \leq n} \{TTRT_i\}, \quad (3)$$

де  $TTRT$  – бажаний час обертання маркера, який виставляють станції мережі (у діапазоні від 4 до 165 мс),  $n$  – кількість станцій мережі.





За стандартом [17] складені відповідні діаграми станів каналного рівня станції мережі FDDI (в стійкому стані та при використанні процесів керування Claim Token, Beacon), що покладені в основу «FDDI».

*Обмеження, які накладаються на «FDDI»:* розглядається тільки фаза передачі даних, так як фаза прийому не впливає на відгуки мережі; заявки мають довжину, яку не потрібно розбивати на кадри; концентратори не вносять затримку при ретрансляції кадрів; усі довжини ліній зв'язку між вузлами та діаметр мережі знаходяться у межах зазначеним відповідним стандартом.

*Початкові параметри «FDDI»:* інтенсивність генерації заявок на станціях мережі; кількість та різновиди вузлів мережі; фізична структура мережі; кількість портів *Master* на концентраторах; значення параметрів *THT* і *TTRT* для станцій мережі; довжина генерованих кадрів для синхронного та асинхронного трафіків; відсоткове співвідношення появи синхронного та асинхронного трафіків; закон розподілення генерації заявок на станціях мережі.

*Результуючі характеристики «FDDI»:* максимальне значення *TRT*; максимальний час очікування заявки в черзі; середня кількість заявок на станціях мережі; загальна кількість згенерованих та відправлених заявок в мережі; максимальна довжина черги; час «чистої» передачі; час реакції мережі.

До складу *структури «FDDI»* надходять «Головний» модуль та об'єкти: «Станція мережі», «Концентратор мережі». Об'єкт «Станція мережі» забезпечує генерацію заявок по закону розподілення вибраним користувачем, після чого заявки становляться в чергу. Паралельно процесу генерації відбувається аналіз можливості передачі станцією мережі власних кадрів та ретрансляції чужих кадрів. Об'єкт «Концентратор мережі» призначений для виконання функцій концентратора мережі, тобто зберігання кадрів, які надходять від вузла-попередника та передачу цих кадрів власному наступнику. Модуль «Головний» призначений для організації обміну між об'єктами та генерації системного часу, а також для передачі його усім об'єктам моделі.

«FDDI» складається із одного вікна, яке дозволяє користувачеві створювати на робочому полі за допомогою кнопок із зображенням станцій мережі, концентраторів та ліній зв'язку структуру мережі, що проектується (рис. 1).



Рис. 1. Кнопки створення структури мережі FDDI



Користувач має можливість змінювати параметри мережі в цілому або для окремо взятого вузла мережі. За допомогою кнопок управління моделюванням можливо призупиняти процес моделювання та поновлювати його. Модельний час відображається в мікросекундах. На рисунку відображені кнопки створення структури мережі FDDI: 1 – станція SAS; 2 – станція DAS; 3 – концентратор SAC; 4 – концентратор DAC; 5 – лінія зв'язку первинного кільця; 6 – лінія зв'язку вторинного кільця; 7 – пошкодити або відновити лінію зв'язку. Меню *«Настройка мережі»* призначене для настройки глобальних параметрів, вузлів та моделі. Настройки можливо змінювати до початку процесу моделювання. Меню *«Настройка мережі»* складається із наступних пунктів: *«Кількість портів Master на концентраторах SAC»*; *«Кількість портів Master на концентраторах DAC»*; *«Значення параметра THT»*; *«Значення інтенсивності»*; *«Відсоткове співвідношення генерації синхронного та асинхронного трафіків»*; *«Довжина кадрів даних»*; *«Закон розподілу заявок»*; *«Відобразити анімацію»*. Меню *«Настройка вузла (станції)»* призначене для індивідуальних налаштувань окремих характеристик станції мережі. Меню стає доступним тільки при виборі однієї із станцій мережі, змінювати параметри можливо до початку процесу моделювання. Меню *«Настройка вузла (концентратора)»* призначене для індивідуального налаштування кількості портів Master на обраному концентраторі. Меню стає доступним тільки при виборі одного із концентраторів, змінювати параметр можливо до початку процесу моделювання.

Меню *«Стан вузла»* відображає стан обраного вузла під час процесу моделювання, всі характеристики вузла змінюються динамічно і не потребують завершення процесу моделювання для підрахунку та відображення остаточних значень. Меню *«Стан вузла»* складається із наступних пунктів: *«TRT»*; *«Кадрі, що ретрансльовано»*; *«Наступник по первинному кільцю»*; *«Попередник по первинному кільцю»*; *«Наступник по вторинному кільцю»*; *«Попередник по вторинному кільцю»*. Меню *«Стан мережі»* відображає стан всієї мережі під час процесу моделювання та характеристики, що знімаються на моделі мережі; характеристики змінюються динамічно і не потребують завершення процесу моделювання для підрахунку та відображення остаточних значень. Меню *«Стан мережі»* складається із наступних пунктів: *«Максимальне значення TRT»*; *«Максимальний час очікування заявки в черзі»*; *«Середня кількість заявок на станціях»*; *«Усього відправлено кадрів»*; *«Усього згенеровано кадрів»*; *«Максимальна довжина черги»*; *«Час чистої передачі»*; *«Час реакції»*; *«Максимальний час життя кадру»*; *«T<sub>MAX</sub>»*.



Тестування «FDDI». У якості прикладу розглянемо задачу простого рівня складності. За допомогою КП створити структуру мережу FDDI, яка складається із дев'яти SAS та однієї DAS, двох SAC та одного DAC. Призначити SAS параметр  $TTRT$  за формулою  $(10 - \text{№SAS})^2$ , а DAS – за формулою  $\text{№DAS} \cdot 15$ . Знайти максимально припустимий час обертання маркера по логічному кільцю ( $T\_MAX$ ) та виявити станцію-переможця по завершенню процесу ініціалізації логічного кільця *Claim Token*. У якості прикладу одну із можливих структур мережі FDDI, що побудовано на комп'ютерній програмі, показано на рис. 2. Станцією-переможцем стає SAS№ 9, а значення  $T\_MAX$  досягає 5 мс, що співпадає з рішенням на КП; можливо вважати, що створена модель мережі адекватна.

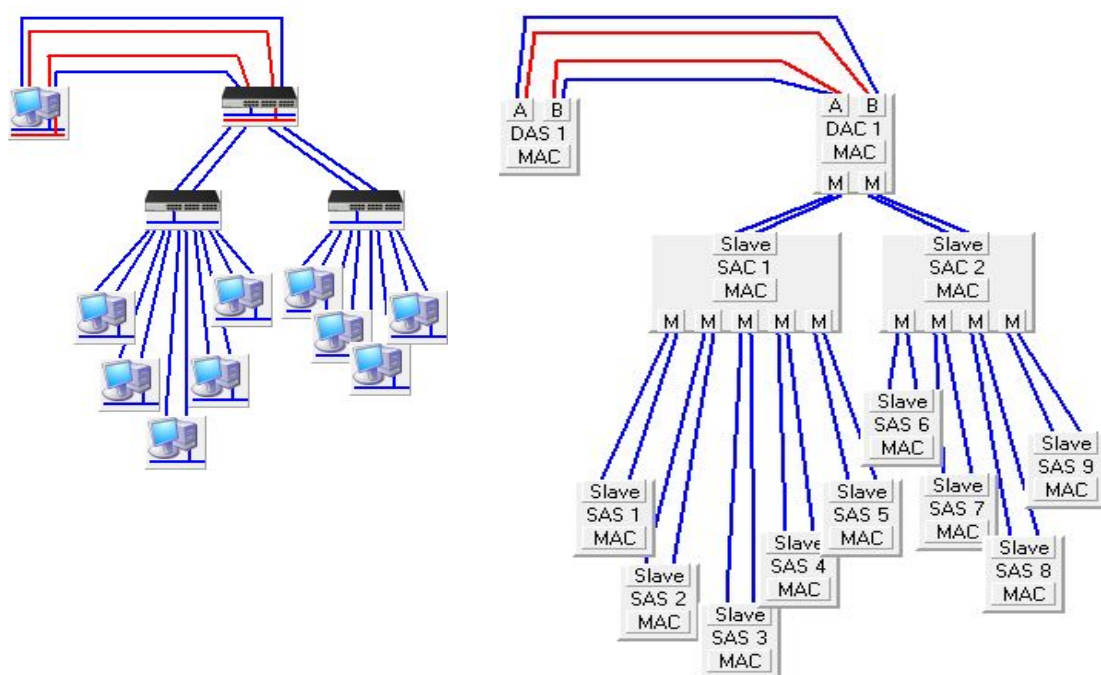


Рис. 2. Загальна та розгорнута структури мережі FDDI, що проектується

Апробація «FDDI». На основі використання «FDDI» викладач може запропонувати студенту знайти розв'язок задач різної складності з придбанням практичних навичок: проектування структури мережі FDDI (двійне кільце дерев, що складається з первинного та вторинного кілець), яка може працювати в двох режимах (*True* та *Wrap*), за наявності спеціальних вузлів (SAS, DAS, DAC і SAC) та відповідних до них портів (A, B, S, M); розрахунку максимального часу обертання маркера за кільцем і утримання маркера станцією при обробці синхронного та асинхронного трафіків.





#### **5.4. Комп'ютерна програма «100VG-AnyLAN»**

*Основні положення та фундаментальні принципи технології 100VG-AnyLAN*, в основі якої лежить метод Demand Priority (пріоритетний метод за вимогою). Робота станцій мережі та концентратора можлива у двох режимах: «нормальному» режимі; режимі «монітора», створені відповідні діаграми канального рівня, що покладені в основу відповідної КП. У технології 100VG-AnyLAN концентратору відводиться роль арбітра, аналізуючи пріоритети запитів станцій мережі очікують передачі, а також фізичний номер порту, концентратор вирішує якій саме станції мережі дозволити передавати дані. *Вхідна програмна форма «100VG-AnyLAN»* передбачає наступні вкладки: «Завдання констант»; «Завдання закону розподілу»; «Побудова мережі»; «Налаштування програми». На вкладці «Завдання констант» здійснюється введення даних: час моделювання, протягом якого здійснюватиметься моделювання; інтенсивність надходження заявок на станцію мережі; швидкість передачі даних; кількість станцій мережі; довжина блоку даних; ймовірність надходження заявок високого пріоритету. На вкладці «Побудова мережі» вибирається тип концентратора, відповідно до якого комп'ютерна програма на підставі загальної кількості станцій мережі та кількості портів концентратора автоматично визначає конфігурацію мережі.

*Результуючі характеристики «100VG-AnyLAN».* У процесі моделювання на станціях мережі ведеться збір статистики, яка відображається у вигляді таблиці: кількість кадрів (переданих, прийнятих і втрачених); довжина черги; час «чистої» передачі; середній час очікування заявки в черзі. По закінченні процесу моделювання є можливість збереження статистики у файл. Після проведення серії експериментів є можливість почергового відкриття файлів з результатами для їх подальшої обробки. Крім того, за процесом моделювання можна спостерігати в демонстраційному режимі. Під час передачі або прийому кадру відображаються адреси передавальної та приймальної станції, їх завантаження, а також рух кадру: високого пріоритету червоним кольором; низького пріоритету синім кольором.

*Анробація «100VG-AnyLAN».* На основі використання КП викладач може запропонувати студенту знайти розв'язок задач різної складності з придбанням практичних навичок проектування структури мережі 100VG-AnyLAN та обробки запитів високого та низького пріоритетів.



## **5.5. Комп'ютерна програма «Study-AnyLAN»**

КП включає в себе наступні підсистеми: настройку навчального комплексу; електронних карток-завдань студентів; тестування студентів; створення/редагування тестових питань. Перші три підсистеми є надбудовою до основної моделі мережі («Token Bus», «FDDI» або «100VG-AnyLAN»); остання система – це окремо виконуваний ехе-модуль, для виклику якого в основній програмі передбачена спеціальна кнопка («світлофор»). Функціонування «Study-AnyLAN» виконується з налаштування наступних підсистем: електронних карток-завдань та тестування.

*Налаштування підсистеми електронних карток-завдань* представляє введення індивідуальних даних про студентів і заповнення картки-завдання. Що стосується налаштування діалогу введення індивідуальних даних, слід зазначити, що номер картки виставляється автоматично, останній незадіяний, але при бажанні можна призначити вручну. КП не допустить ситуації, що одна і та ж картка дістанеться двом або більше студентам, з'явиться повідомлення про те, що дана картка вже задіяна. *Налаштування підсистеми тестування* передбачає: введення початкової дати терміну; настройку системи нарахування балів; настройку балів за правильну відповідь залежно від складності питань; завдання часу на відповідь.

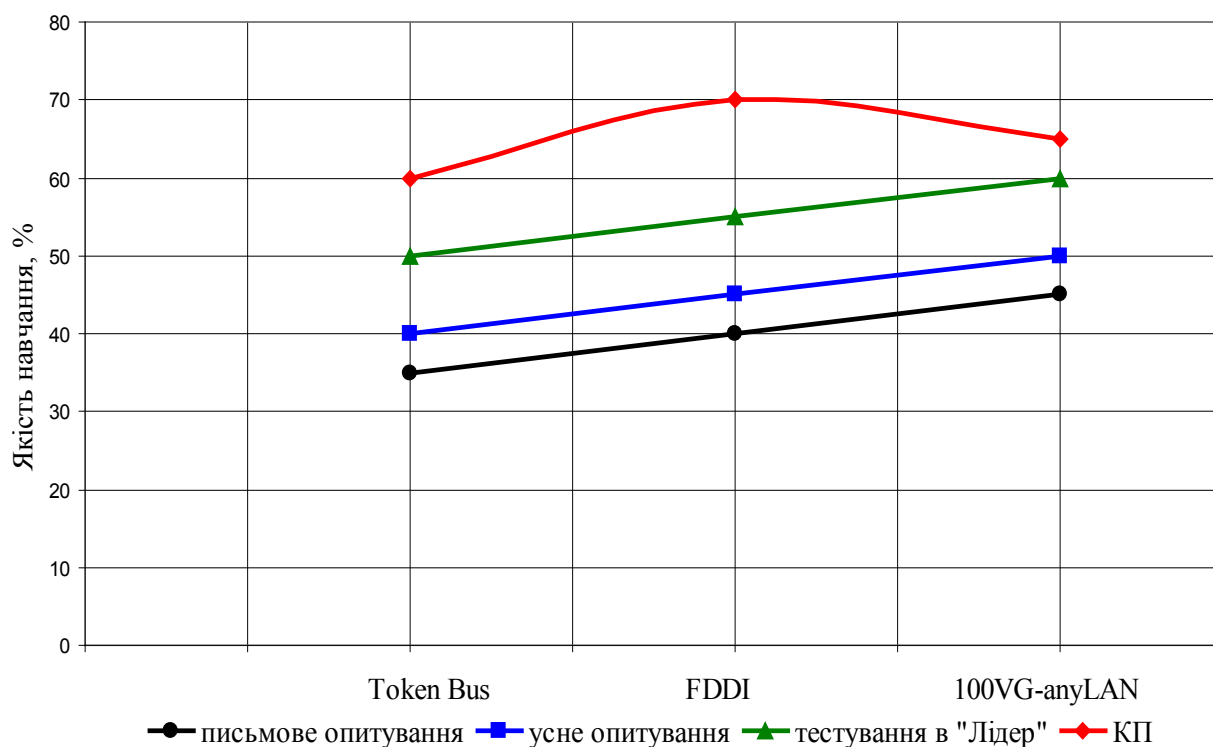
Як зазначено в [1], одним з найбільш розвинених застосувань аналітики є можливість визначення своєї індивідуальної траєкторії навчання: «З ризиком»; «Студент, що встигає»; «Громадський студент» завдяки статичним даним студентів (наприклад, демографічним даним; минулим досягненням) і динамічним даним (наприклад, зразку онлайн логінів; кількості дискусій). У нашому випадку пропонується траєкторія навчання «Бонусні та штрафні бали». У підсистемі тестування передбачається не тільки нарахування балів за правильну відповідь залежно від складності питань, а також від часу відповіді з урахуванням балів.

*Ефективність використання КП.* Проведення опитування на протязі декількох років в різних академічних групах з дисципліни «Локальні мережі» показав, що доцільно мати в базі (за однією технологією) 60 % тестів простого рівня, 30 % тестів середнього рівня та 10 % тестів вищого рівня. До простого рівня слід віднести тести «так/ні?», а також тест «один із багатьох»; до середнього рівня – тест на упорядкування та тест на відповідність; до високого рівня – тест «багато із багатьох» та «вікно введення». Створення тестів повинно відбуватися як на основі теоретичного матеріалу, так і на основі використання



КП, що дозволяють формувати задачі різної складності, які використані в дистанційному курсі «Локальні мережі» системи «Лідер».

Апробація використання КП з дисципліни «Локальні мережі» відбулася на третьому курсі студентів спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» та «Кібербезпека» в Дніпровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (кафедра електронних обчислювальних машин). Проведено опитування студентів відповідно до технологій: Token Bus; Token Ring; FDDI; 100VG-AnyLAN за формами: усне, письмове, тестування в системі «Лідер», з використанням КП (рис. 3). Аналіз отриманих результатів за різними формами опитування студентів, а також на основі КП свідчить про можливість підвищення якості програмних результатів навчання за технологіями: Token Bus; FDDI; 100VG-AnyLAN. Із рисунку видно, що на основі використання КП якості навчання студентів з дисципліни «Локальні мережі» підвищується в середньому на 25 %, 20 % та 10 % в зрівнянні з письмовим, усним опитуванням та тестуванням в системі «Лідер» відповідно.



**Рис. 3. Якість навчання студентів за різними формами опитування**

## Висновки

1. Розроблені КП з використанням ООП до моделювання, що спрямовані



на формування у майбутніх фахівців залізничного транспорту їх предметної компетентності: дослідження існуючих і проектування нових мереж різних технологій. Реалізація всіх КП виконана в Delphi, що передбачає інтерактивну форму навчання; визначені призначення та структура, обмеження, початкові дані та результуючі характеристики кожної КП.

2. В основу «Token Bus», «FDDI» та «100VG-AnyLAN» покладені діаграми станів каналного рівня станції мережі за маркерним методом доступу до шини, за маркерним методом доступу до кільця та за методом Demand Priority відповідно. При організації досліджень станційних та мережних характеристик на КП передбачена можливість використання процедур керування, що надає результати близькими до реальних. Проведено тестування всіх КП: результати, які отримані на них, співпадають з математичними розрахунками, що свідчить про адекватність створених моделей мереж.

3. Використання розроблених КП при вивченні маркерних технологій дозволяє студенту знати і розуміти математичні положення та фундаментальні принципи, що лежать в основі функціонування локальних мереж, вміти описувати їх роботу та виконувати дослідження. Викладач може запропонувати студенту розв'язати задачу різної складності з метою формування особистості майбутнього фахівця, здатного вирішувати типові та складні професійні завдання в галузі залізничного транспорту.

4. Функціонування «Study-AnyLAN» здійснюється з налаштуванням підсистем: електронних карток-завдань та тестування студентів, передбачає використання бази тестів за технологіями Token Bus, FDDI та 100VG-AnyLAN з урахуванням бонусних та штрафних балів. Апробація використання КП відбулася на 3-му курсі спеціальностей «Комп'ютерна інженерія» та «Кібербезпека» з дисципліни «Локальні мережі». Виконаний аналіз отриманих результатів за різними формами опитуванням. Визначено, що на основі використання КП якість навчання студентів підвищується в середньому на 25 %, 20 % та 10 % в зрівнянні з письмовим, усним опитуванням та тестуванням в системі «Лідер» відповідно.

Перспективою подальшого дослідження застосування інтерактивного навчання вважаємо створення нових КП інших технологій, що використовуються в сучасних комп'ютерних мережах та лежать в основі інформаційно-телекомунікаційної системи залізничного транспорту, для організації відповідних експериментальних досліджень.