

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	7
ПОЗНАЧЕННЯ ТА СКОРОЧЕННЯ.....	13
МОДУЛЬ №1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ПОБУДОВИ ТА ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	15
ЛЕКЦІЯ №1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	15
1.1. Пояснення щодо термінів „експлуатація”, „технічна експлуатація” та „об’єкт експлуатації”	15
1.2. Цілі експлуатації ТЛК-обладнання.....	17
1.3. Функціональні групи задач експлуатації ТЛК- обладнання	20
ЛЕКЦІЯ №2. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	42
2.1. Уточнене визначення понять „технічна експлуатація”, „технічне обслуговування” та „ремонт”	42
2.2. Основна ціль та функції технічної експлуатації	43
2.3. Принципи побудови систем технічної експлуатації	45
2.4. Організаційне забезпечення технічної експлуатації	59
2.5. Технічне забезпечення технічної експлуатації.....	64
2.6. Інформаційне забезпечення технічної експлуатації	67
2.7. Метрологічне забезпечення технічної експлуатації	67
ЛЕКЦІЯ №3. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ НАДАННЯ ПОСЛУГ	74
3.1. Телекомунікаційна послуга як об’єкт споживчого попиту.....	74
3.2. Якість послуги, якість обслуговування, показники та рівні якості, їхній взаємозв’язок	79

3.3. Класи послуги, класи обслуговування, їхній взаємозв'язок	85
3.4. Види систем надання ТЛК-послуг.....	90
ЛЕКЦІЯ №4. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНИМ ОБЛАДНАННЯМ ...	94
4.1. Загальна характеристика систем керування	94
4.2. Багаторівневе представлення задач керування	96
4.3. Архітектура систем керування.....	100
4.4. Стандарти протоколу керування SNMP.....	109
4.5. Недоліки протоколу SNMP	122
МОДУЛЬ №2. ТЕХНОЛОГІЇ ВИМІРЮВАНЬ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЛК-ОБЛАДНАННЯ....	125
ЛЕКЦІЯ №5. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ЩОДО ВИМІРЮВАНЬ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ТЛК-ОБЛАДНАННЯ.....	125
5.1. Загальна характеристика технологій вимірювань параметрів обладнання	125
5.2. Вибір технології вимірювань для вирішення експлуатаційних завдань	127
5.3. Прийнятий класифікатор технологій вимірювань	128
5.4. Методики вимірювань	130
5.5. Обробка, оформлення та подання результатів вимірювань.....	139
САМОСТІЙНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ЛЕКЦІЇ №5 МЕТОДИ ПРЕДСТАВЛЕННЯ СИГНАЛІВ У СИСТЕМАХ ЗВ'ЯЗКУ	147
5.6. Спектральні методи представлення сигналів	147
5.7. Окові діаграми	167
5.8. Діаграми станів.....	185
5.9. Деревоподібні діаграми	191
5.10. Решітчасті діаграми Треліса.....	193

ЛЕКЦІЯ №6. ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЛК-ОБЛАДНАННЯ НА ФІЗИЧНОМУ РІВНІ ВЗАЄМОДІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	196
6.1. Вимірювання параметрів електричних кабелів	196
6.2. Вимірювання параметрів волоконно-оптичних кабелів	204
6.3. Вимірювання параметрів абонентських ліній зв'язку ..	213
6.3.4. Вимірювання перехідного затухання на ближньому та на дальньому кінцях	220
6.4 Вимірювання параметрів аналогових комутованих телефонних каналів	236
САМОСТІЙНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ЛЕКЦІЇ №6 ...	246
6.5. Вимірювання параметрів обладнання цифрових систем передачі (ЦСП), що побудовані за технологіями <i>PDH/SDH</i>	246
6.6. Особливості вимірювання параметрів цифрових каналів, що утворені на базі аналогових ліній телефонних мереж абонентського доступу (канали ISDN та xDSL)	271
6.7. Особливості вимірювання параметрів кабельних систем із частотним ущільненням аналогових телефонних каналів	290
ЛЕКЦІЯ №7. ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ НА КАНАЛЬНОМУ РІВНІ ВЗАЄМОДІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	293
7.1. Основні схеми вимірювань параметрів каналного рівню	293
7.2. Параметри каналного рівню, що підлягають вимірюванням	298
7.3. Вимірювання параметрів каналного рівню обладнання пакетних мереж	304
7.4. Вимірювання параметрів функціональності послуг	315
7.5. Вимірювання параметрів якості передавання протокольних блоків даних	315

САМОСТІЙНЕ ЗАНЯТТЯ ЗА МАТЕРІАЛАМИ ЛЕКЦІЇ №7 ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ FRAME RELAY та xDSL	321
7.6. Вимірювання параметрів обладнання систем передавання фреймів на транспортній мережі <i>Frame Relay</i>	321
7.7. Вимірювання параметрів абонентського доступу до транспортної мережі з використанням обладнання <i>Frame Relay</i> та <i>xDSL</i>	330
ЛЕКЦІЯ №8. ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАДНАННЯ НА МЕРЕЖНОМУ РІВНІ ВЗАЄМОДІЇ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ	333
8.1. Вимірювання параметрів обладнання транспортних мереж <i>IP</i>	333
8.2 Вимірювання параметрів абонентського доступу до транспортної мережі <i>IP</i> з використанням обладнання <i>IP</i>	349
8.3. Вимірювання параметрів абонентського доступу до транспортної мережі <i>IP</i> з використанням обладнання <i>Frame Relay</i>	354
8.4. Вимірювання параметрів абонентського доступу до транспортної мережі <i>IP</i> з використанням обладнання <i>xDSL</i> ..	362

Народу України,
що вже зробив суттєві кроки на
шляху побудови громадянського
суспільства, присвячуємо

ПЕРЕДМОВА

В Україні наразі вже побудовані сучасні інфраструктури глобальних телекомунікаційних мереж. Локальні мережі вмонтовані в інфраструктуру майже кожного підприємства чи установи і знаходять усе більше використання у повсякденному побуті. На більшості українських підприємств вже створені та широко використовуються локальні та глобальні корпоративні телекомунікаційні системи різноманітного призначення. Телекомунікаційні послуги, що надаються на основі використання ресурсів цих систем та мереж, користуються невпинно зростаючим попитом. Тому підготовка фахівців, що будуть у змозі кваліфіковано експлуатувати телекомунікаційні системи та мережі, сьогодні є актуальною.

Ця книга - є підручником із експлуатації телекомунікаційних систем. Він повністю відповідає паспорту навчальної дисципліни „Експлуатація телекомунікаційних систем” за напрямом 0924 („Телекомунікації”), спеціальності 7.092401 („Телекомунікаційні системи та мережі”), кваліфікації спеціалістів 2144.2 („Інженер електрозв’язку”). Робоча навчальна програма цієї дисципліни побудована за кредитно-модульною системою і передбачає необхідність проведення 35 годин лекційних, 35 годин лабораторних занять та 162 години самостійної роботи студентів. На думку авторів, цього замало, щоб отримати фундаментальні знання щодо експлуатації телекомунікаційних систем. Тому у текст підручника включено також і факультативний матеріал, котрий не є обов’язковим для вивчення, якщо мати на увазі формальні вимоги до підготовки студентів за спеціальністю 7.092401, проте ознайомлення із цим факультативним матеріалом є вкрай важливою справою з точки зору формування цілісного погляду на проблеми експлуатації телекомунікаційних систем.

Приступаючи до роботи над підручником, автори усвідомлювали, що функціональні можливості та технічні

характеристики сучасного телекомунікаційного обладнання (надалі ТЛК-обладнання), а також інші аспекти, що пов'язані з особливостями їхньої побудови та функціонування, в достатній мірі висвітлені у відповідній учбовій літературі. От же, студенти – майбутні фахівці з експлуатації телекомунікаційних систем - все це мали вивчити до початку роботи над матеріалом цього підручника. У той же час перелік публікацій, що присвячені проблемам раціонального використання можливостей ТЛК-обладнання, є досить обмеженим і не відповідає у кількісному і якісному вимірах потребам фахівців, котрі забезпечують його працездатність та надання телекомунікаційних послуг (надалі ТЛК-послуг). Зокрема, сфера організації експлуатації сучасного ТЛК-обладнання висвітлена, на наш погляд, недостатньо, а бібліографія з проблематики забезпечення якісного надання ТЛК-послуг взагалі майже відсутня. Відчувається нагальна потреба у підручнику із вищеназваної тематики, котрий у доступній та стислій формі надавав для студентів, що навчаються за напрямом 0924 („Телекомунікації”), вичерпні відповіді на весь комплекс питань, котрі повинні бути висвітлені у рамках навчальної дисципліни „Експлуатація телекомунікаційних систем”.

Автори цієї книги мали за мету усунути цю прогалину та надати студентам надійний підручник з експлуатації сучасних телекомунікаційних систем, котрий у повній мірі відповідав би паспорту вищеназваної навчальної дисципліни.

Структура викладу матеріалу у підручнику відображає модульний принцип побудови навчальної дисципліни „Експлуатація телекомунікаційних систем”. Увесь навчальний матеріал, котрий має бути викладений студентам у рамках 17 лекційних занять (35 учбових годин), розбито на п'ять тематично незалежних модулів. Спочатку чотири лекції (що складають модуль №1) присвячено загальній характеристиці систем експлуатації ТЛК-обладнання. Розглянуто цілі та основні функціональні групи задач експлуатації. Із множини цих задач відокремлено задачі технічної експлуатації (ТЕ). Проаналізовано основні характеристики існуючих систем ТЕ та види забезпечення цих систем (інформаційного, організаційного, технічного та метрологічного). Окрема лекція присвячена аналізу основних

характеристик систем надання телекомунікаційних послуг (ТЛК-послуг), у рамках якої розглянуто характеристики ТЛК-послуг як об'єктів споживчого попиту. Розглянуто основні характеристики транспортних послуг та послуг комутованого і некомутованого доступу, зокрема структура середовища транспортування даних, існуючі види послуг та точки доступу до них. Розглянуто також види систем обслуговування, що базуються на використанні ресурсів ТЛК-обладнання (обслуговування із максимальними зусиллями, пріоритетне обслуговування і т.ін.). Остання лекція першого модулю присвячена основним характеристикам систем керування (адміністрування) ТЛК-обладнанням. Розглянуто TMN-архітектуру побудови систем керування, схему взаємодії „менеджер – агент”, бази MIB і RMON та протокол керування SNMP.

Чотири лекції модулю №2 присвячено технологіям вимірювань експлуатаційних параметрів ТЛК-обладнання. Детально пояснено основні методи та базові схеми вимірювань параметрів обслуговування для технологій каналного та мережного рівнів інформаційної взаємодії (відповідно до класифікації, що прийнята у семирівневій моделі OSI ISO). Мова йде, в першу чергу, про технології передавання пакетних даних, що функціонують за специфікаціями *IP*, *Frame Relay*, *xDSL* та *Optical Ethernet*. Технології вимірювань фізичного рівня, на думку авторів, мають більш високий ступінь стандартизації. Вони більш широко висвітлені в учбовій літературі. Тому цим технологіям у підручнику приділено менше уваги. Проте надано усі необхідні посилання на матеріали інших авторів.

Чотири лекції модулю №3 присвячено технологіям підтримки працездатного стану ТЛК-обладнання. Надана характеристика основним процедурам підтримки працездатності. Детально розглянуто технологію контролю відповідності, у т.ч. механізми тестування ТЛК-обладнання, моніторингу та аудиту мережних ресурсів. Висвітлено методи вирішення проблем невідповідності параметрів ТЛК-обладнання прийнятим нормам обслуговування, у т.ч. аналізу телекомунікаційних протоколів. Окрема лекція присвячена адмініструванню ресурсами телекомунікаційного обладнання: конфігурування характеристик обладнання,

адміністрування вузлу мережі, систем сигналізації тощо. Остання лекція модулю №3 присвячена методам і механізмам підтримки надійності функціонування ТЛК-обладнання.

Модуль №4 складається із чотирьох лекцій, що присвячені технологіям управління трафіком та наданням ТЛК-послуг. У першій лекції цього модулю розглянуто характеристики навантаження на ТЛК-обладнання, надано розрахунки навантаження та методи вимірювань його параметрів. Окремі лекції присвячені відповідно організаційному та інформаційному забезпеченню надання послуг. Положення підручника поширюються, в першу чергу, на сферу організації надання послуг транспортними мережами передачі даних (МПД), зокрема: магістральними МПД, що побудовані на основі використання телекомунікаційної технології асинхронного режиму переносу (*Asynchronous Transfer Mode, ATM*) та протоколу Інтернет (*Internet Protocol, IP*); каналами та мережами абонентського доступу, що створені на основі використання телекомунікаційних технологій *FRAME RELAY (FR)*, *IP*, *xDSL* та *Optical Ethernet*; мережами та окремими вузлами управління транспортними мережами. До складу інформаційного забезпечення віднесені моделі процедур обслуговування, що структуровані згідно рекомендації E.800 МСЕ-Т. Ці моделі відображають функціонально самодостатні технологічні ланцюги, що реалізують прийнятну технологію обслуговування відповідно до систем, що використовуються на практиці, перш за все, мається на увазі система диференційованого обслуговування з гарантованим сервісом (система ДОГС).

У рамках модулю №4 розглянуто задачі технічного забезпечення якості обслуговування (*QoS*). Пояснено структуру та механізми функціонування служби *QoS*. Значна увага приділена інженерії трафіку, зокрема детально розглянуто методи керування навантаженням. Наведено класифікацію та визначення усіх основних показників функціональності та якості надання транспортних послуг. Детально пояснено базові схеми та методи вимірювань параметрів якості обслуговування. У заключній лекції модулю №4 фактично викладено основні аспекти сучасної технології оцінки якості обслуговування: класифікація рівнів якості обслуговування, нормативні значення показників якості

обслуговування, контроль параметрів послуг, дії обслуговуючого персоналу у разі виникнення проблем в процесі обслуговування тощо. Зокрема, в книзі наведено нормативи якості обслуговування при наданні транспортних послуг на основі використання найбільш поширених телекомунікаційних технологій передавання даних. Ці нормативи слід розглядати як продукт узагальнення практичного досвіду провідних сервіс-провайдерів та операторів електрозв'язку України. Вони є гармонізованими із відповідними рекомендаціями МСЕ-Т, що розглянуті далі. Технологія забезпечення і оцінювання рівня надання послуг із транспортування даних, що висвітлена у даній книзі, широко застосовується сервіс-провайдерами та операторами електрозв'язку на глобальних мережах передачі даних.

Заключний п'ятий модуль підручника (складається із двох лекцій, одна із котрих є факультативною) присвячено викладу стандартної технології створення підсистем захисту інформаційних ресурсів ТЛК-обладнання та їх підтримки в актуальному стані. Факультативно викладена прийнята в Україні стандартизована технологія оцінювання ефективності та гарантованості захисту інформації у ТЛК-системах.

Слід зауважити, що у підручнику міститься конкретна інформація про сучасні методи та процедури вимірювань параметрів ТЛК-обладнання, вирішення проблем невідповідності цих параметрів прийнятим нормативним значенням, інженерії пакетного трафіку та оцінювання якості мережного обслуговування. Книга буде корисною не тільки для студентів, а і для фахівців, які безпосередньо займаються експлуатацією ТЛК-обладнання та технічним забезпеченням обслуговування споживачів ТЛК-послуг, а також, ймовірно, для «вдумливих» споживачів ресурсів телекомунікаційних мереж (надалі ТЛК-мереж), котрі бажать заощадити свої кошти шляхом оптимізації параметрів ТЛК-послуг, що ними замовляються у рамках сервісних угод з постачальниками цих послуг.

Вивчення змісту підручника передбачає підготовку читача на рівні базових вузівських курсів інформатики, теорії зв'язку та телекомунікаційної техніки.

Підручник написано на основі лекцій, що читаються протягом

останніх п'яти років на кафедрі телекомунікаційних систем Національного авіаційного університету (Україна, м.Київ) для студентів, які навчаються за напрямом «Телекомунікації».