



РІЖНЯК

Ренат Ярославович,
кандидат педагогічних наук,
професор кафедри математики
Кіровоградського державного
педагогічного
університету імені Володимира
Винниченка
(м. Кіровоград)

**СТВОРЕННЯ ТА ФУНКЦІОНУВАННЯ
НАУКОВО-ОСВІТНІХ КОМП'ЮТЕРНИХ МЕРЕЖ
ЗАКЛАДІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ**

У статті досліджується розвиток інформатизації вищої школи України в кінці ХХ на початку ХХІ століття у контексті вивчення історії створення та розвитку науково-освітніх телекомунікаційних мереж установ НАН України та вищих навчальних закладів України.

В статье исследуется развитие информатизации высшей школы Украины в конце ХХ начале ХХІ века в контексте изучения истории создания и развития научно-образовательных телекоммуникационных сетей учреждений НАН Украины и высших учебных заведений Украины.

The article examines the development of Ukrainian High School informatization in the late twentieth early twenty-first century in the context of studying the history of the creation and development of scientific and educational network of institutions of NAS of Ukraine and higher educational establishments of Ukraine.

Досить важливим аспектом вивчення історії інформатизації вищої освіти (сукупності взаємопов'язаних процесів – організаційних, управлінських, науково-технічних, навчальних, виховних, що спрямовані на створення умов для задоволення інформаційних потреб усіх учасників навчально-виховного процесу та для розвитку їх інтелектуального потенціалу, самореалізації і самовдосконалення; на забезпечення підготовки до повноцінної професійної діяльності і життя в інформаційному суспільстві) є дослідження еволюції становлення та розвитку комп'ютерних мереж закладів вищої освіти та

наукових установ України. Результати такого дослідження можуть дати відповідь на питання, що пов'язані з більш загальними проблемами інформатизації вищої школи України – вивченням еволюції наукової думки про інформатизацію вищої школи України, встановленням основних закономірностей розвитку науки інформатики, апаратного та програмного забезпечення процесів інформатизації вищих навчальних закладів, вивченням стану розвитку інтегративних зв'язків між вищими навчальними закладами, їх здатності реалізовувати колективні високотехнологічні та телекомунікаційні проекти. Дослідження з історії інформатики та інформатизації в основному були присвячені періодам зародження та становлення науки інформатики, розвитку її технічних засобів. Серед таких досліджень слід назвати наукові праці щодо вивчення історії інформатики в СРСР та Україні – роботи Хоменка Л.Г. [1] (розвиток вітчизняної кібернетики та інформатики), Сергієнка І.В. [2] (становлення інформатики), Малиновського Б.Н. [3] (історія обчислювальної техніки), Онопрієнка В.І. та Онопрієнка М.В. [4], [5] (розвиток наукових шкіл з інформатики). Проте історія становлення та розвитку глобальних комп'ютерних мереж закладів вищої освіти та наукових установ України систематично та ґрунтовно науковцями не досліджувалася.

У даній статті ми маємо за мету дослідити історію зародження ідей щодо створення об'єднаних автоматизованих комп'ютерних систем, а також історію реалізації та розвитку реальних проектів функціонування науково-освітніх комп'ютерних мереж закладів освіти і науки України у другій половині ХХ століття – на початку ХХІ століття у контексті дослідження історії інформатизації вищої освіти на визначеному часовому проміжку. Досягнення мети дослідження буде проводитися шляхом розв'язання таких задач: а) з'ясування джерельної бази та історіографії дослідження; б) визначення об'єктивної необхідності функціонування телекомунікаційних науково-освітніх мереж закладів освіти та науки України; в) аналіз та систематизація основних напрямків діяльності вищих навчальних закладів та

наукових установ України, що були реалізовані завдяки функціонуванню науково-освітніх мереж.

Ще в кінці 50-х років у Обчислювальному центрі АН УРСР була реалізована ідея щодо дистанційної обробки інформації на ЕОМ «Київ», що була передана радіоканалом з дослідницького судна, що перебувало у водах Атлантики [2], [17]. Крім того, у 1960 році вперше в світі за допомогою цієї ж ЕОМ було здійснене дистанційне управління (на ділянці у 500 км) технологічними процесами у конверторному цеху Дніпродзержинського металургійного комбінату.

Еволюція зародження ідей щодо створення в Україні телекомунікаційних мереж передачі даних бере свій початок у 60-х роках ХХ століття і пов'язана з іменем видатного ученого двадцятого століття, автора фундаментальних праць у галузі кібернетики, математики і обчислювальної техніки Віктора Михайловича Глушкова, яким у 1962 р. вперше була усвідомлена проблема ефективного використання обчислювальної техніки у народному господарстві країни [1], [3]. Під керівництвом В.М. Глушкова колективом спеціалістів був створений ескізний проект Державної мережі обчислювальних центрів (ДМОЦ). Передбачалося побудувати близько 100 головних і понад 10 тисяч районних центрів для безперервної обробки, аналізу економічної інформації і прийняття обґрунтованих рішень. Ця система могла в свій час якщо не випередити рівень аналогічних розробок у США, то, принаймні, йти з ними на рівні розвитку того, що відомо зараз як Інтернет. Однак цей проект так і не був реалізований, оскільки він не знайшов відповідної підтримки у вищого керівництва країни. Крім цього проекту був ще один з ним пов'язаний – Загальнодержавну автоматизовану систему збору й обробки інформації (ЗДАС) В.М. Глушков вважав головною справою свого життя [1], [3]. По суті йшлося про створення науково-технічної бази керування економікою країни й організацію інформаційної індустрії, аналогічної тій, яка нині успішно функціонує у провідних країнах Заходу. Безсумнівно, В.М. Глушков розумів, що своїм задумом він кидає виклик звичним канонам керування господарством

країни. Тому вчений терпляче пояснював: ЗДАС – лише інструмент, у будь-якому разі, усе вирішуватимуть люди, відповідно до своїх посад, переконань і всіх інших, суто людських якостей. Але і цього разу величезна робота науковця була згорнута.

Лише в середині 70-х років Інститут кібернетики АН УРСР здійснює реальне наукове керівництво розробкою Республіканської автоматизованої системи (РАС УРСР), а також розробкою загальносистемних питань і математичного забезпечення ДМОЦ (В.М.Глушков, А.А.Стогній та ін.) [6]. Спільно з рядом Московських організацій Інститут кібернетики проводить роботу з об'єднання в експериментальну мережу трьох обчислювальних центрів в Києві та Москві. В цей період було створено ряд технічних засобів, необхідних для організації зв'язку в мережі. Серед них – система передачі дискретної інформації СПІН з підвищеними техніко-економічними параметрами (А.М.Лучук [7] та ін.). Значне місце в розробці ДМОЦ, за свідченнями самого В.М.Глушкова [6], займали Обчислювальні центри колективного користування, що використовували в якості центральної машини відповідно переобладнану ЕОМ БЕСМ-6, а в якості терміналів – або прості засоби (телетайпи або алфавітно-цифрові дисплеї), або «інтелектуальні» термінали на базі міні ЕОМ МИР-2.

Отже, ідеї вітчизняного прообразу сучасних телекомунікаційних обчислювальних мереж сягають 60–70-х років ХХ століття, починаючи з розробок В.М.Глушкова та його учнів.

Створення та первинний розвиток науково-освітніх мереж в Україні бере свій початок у 1992 році з проекту UARNet (Ukrainian Academic and Research Network) – Українська академічна і дослідницька мережа [8], що був заснований на базі Інституту фізики конденсованих систем НАН України (інститут був створений у м. Львові постановою Президії АН УРСР № 213 від 7 вересня 1990 року на базі Львівського відділення статистичної фізики Інституту теоретичної фізики АН УРСР, директором з моменту створення до 2006 року був дійсний член НАН України І.Р.Юхновський). У 1993 р. вперше в Україні,

спільно зі Шведською космічною корпорацією, UARNet побудував власний супутниковий канал зв'язку до глобальних інформаційних мереж та забезпечив своїх користувачів якісним доступом до ресурсів Інтернет. У 1994 р. UARNet був зареєстрований Європейським мережевим координаційним центром (RIPE) як автономна система (AS 3255). Це дало можливість оперативно використовувати наявні ресурси зовнішніх каналів для оптимальної маршрутизації IP-трафіку користувачів. RIPE також зареєстрував UARNet як Інтернет-реєстратора, що дало можливість забезпечувати користувачів достатньою кількістю IP-адрес.

Майже у той же час, в 1994 році, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») розгортав організаційну діяльність щодо заснування, створення та адміністрування Харківської міської науково-освітньої комп'ютерної мережі. Роботи були розпочаті, коли НТУ «ХПІ» взяв в оренду міжміський канал Харків-Львів до центрального вузла Української академічної і дослідницької мережі (UARNet) [9]. Вже восени наступного року по лінії безпосереднього зв'язку до університету підключився перший навчальний заклад Харкова – Харківський національний автомобільно-дорожній університет. Саме з цього часу бере відлік історія науково-освітньої комп'ютерної мережі в Харкові. З кінця 1995 року розпочалася співпраця НТУ «ХПІ» з Московським державним університетом ім. М.В.Ломоносова, на базі якого в той час вже функціонував центральний вузол федеральної університетської комп'ютерної мережі Росії (RUNNet). У 1996 році НТУ «ХПІ» взяв в оренду два виділені аналогових канали Харків-Москва і, таким чином, отримав безпосередній вихід до російської науково-освітньої мережі RUNNet та міжнародних мереж. Пропускна здатність кожного каналу була всього 28,8 Кб/с, але для того часу це були найпотужніші зовнішні канали виходу в Інтернет в Харкові. Саме в період, починаючи з другої половини 1996 року до середини наступного року, і була в основному сформована міська науково-освітня мережа; протягом року до неї було підключено більше десяти наукових і навчальних установ міста. Того ж 1996 року НТУ «ХПІ» отримав ліцензію

Міністерства зв'язку України на надання послуг електрозв'язку (тоді послуги Інтернет підлягали ліцензуванню) та зареєстрував у RIPE автономну систему (AS 6807) і, таким чином, отримав статус професійного провайдера послуг Інтернет. А в 1997 році університет взяв у оренду ще два міжміські канали – Харків-Київ, до вузла Інтернет-провайдера LuckyNet; у 1998 році до вузла Інтернет НТУ «ХП» було підключено вже майже 20 науково-освітніх установ міста. Операційне керування Харківського міського сегменту мережі в 1997 році було передане акціонерному товариству (АТ) «Харків Онлайн».

Паралельно з подіями у Львові та Харкові щодо створення регіональних науково-освітніх мереж розвивалися події у Києві – у 1995 році Національний технічний університет України «КП» (НТУУ «КП») виграв конкурс за програмою «Темпус-Тасіс» на створення української інформаційної мережі в сфері науки і освіти за участю Аахенського технічного університету (Німеччина) та Університету “Дельфт” (Голландія). У травні 1996 року Міністерством освіти України була сформована ініціативна група щодо створення мережі національних даних для наукових і дослідницьких установ в Україні (UARDN). Учасниками групи були представники провідних українських університетів, Міністерства освіти України та Академії наук України. Результатом роботи став документ «Програма створення Національної телекомунікаційної мережі установ науки і освіти», підписаний 24.06.1996 року. Протягом року проводилася досить широка робота щодо виконання цієї програми (семінари у Берліні (1996 рік), Менгерскірхені та Києві (1997 рік), міжнародна конференція «Комп'ютерні мережі в вищій освіті EduNet'97» у Києві (1997 рік)). Результатом стала спільна Постанова Президії Національної Академії наук України і Колегії Міністерства освіти України від 20 червня 1997 року [10] за участі спеціалістів з провідних університетів і наукових установ Києва, Львова, Одеси, Харкова, Дніпропетровська, Донецька, а також організацій країн Європейської спільноти, зокрема НАТО, про створення Асоціації користувачів телекомунікаційної мережі закладів освіти і науки України з координуючим «Центром Європейської інтеграції» в м. Києві. В

основу створення мережі покладено концепцією, ухвалену міжнародною нарадою «Комп'ютерна мережа закладів вищої освіти і науки України» за участю представників Наукового відділу НАТО (24-26 квітня 1997, м. Київ), та міжнародною конференцією «Комп'ютерні мережі в вищій освіті» (26-28 травня 1997, м. Київ). Метою створення і діяльності Асоціації була координація дій та об'єднання зусиль членів Асоціації для сприяння створенню, розвитку та використанню єдиної національної науково-освітньої телекомунікаційної мережі України, для підвищення рівня освіти та науки, розвитку засад інформаційного суспільства, повноправного входження України в глобальний інформаційний простір і представництва інтересів Членів Асоціації в органах державної влади, а також в українських та міжнародних організаціях. Зазначимо, що з моменту заснування Асоціації завдання щодо створення та подальшого розвитку української науково-освітньої мережі були заявлені в Концепції Національної програми інформатизації, схваленої Законом України від 4 лютого 1998 р. № 75/98-ВР (також у постановах Верховної Ради та постановах Кабінету Міністрів України «Про затвердження завдань національної програми інформатизації...» починаючи з 1998 року) та у Державній Програмі «Інформаційні та комунікаційні технології в освіті і науці» на 2006-2010 роки, що була затверджена Постановою Кабінету Міністрів України № 1153 від 7 грудня 2005 року.

Таким чином, на момент створення Асоціації користувачів телекомунікаційної мережі закладів освіти і науки в Україні функціонували три сегменти науково-освітньої мережі:

- 1) Київський міський сегмент в операційному керуванні Благодійного фонду “Міжнародний центр телекомунікацій KS-Net”, що діяв при підтримці, зокрема, фондів Соросу ISF та OSI, НАН України та українського фізичного товариства;
- 2) Харківський міський сегмент в операційному керуванні ТОВ «Харків ОнЛайн», що тісно співробітничало з НТУ «ХП».

3) Західноукраїнський сегмент в операційному керуванні проекту UARNet на базі Інституту фізики конденсованих середовищ НАН України (м. Львів) [11].

В створенні загальноукраїнської інфраструктури та підключенні до неї в рамках проекту «Національна телекомунікаційна мережа закладів науки та освіти з виходом в Інтернет» (UARDN) [12] нових користувачів в Києві і регіонах полягало завдання Центра Європейської інтеграції (ЦЄІ), створеного в формі ТОВ і заснованого НАН України, НТУУ «КПІ» і Міжнародним університетом фінансів. 27 лютого 1998 року на засіданні загальних зборів Асоціації користувачів Української науково-освітньої мережі була затверджена нова офіційна назва мережі – УРАН (URAN – Ukrainian Research and Academic Network) [12]. Протягом 1999 року мережа УРАН будувалася за ієрархічним 4-рівневим принципом: 1-й рівень – головний центр в Києві; 2-й рівень – регіональні центри; 3-й рівень – вузли доступу в обласних центрах та окремих містах – значних науково-освітніх центрах; 4-й рівень – локальні мережі організацій-користувачів. Регіональні центри були розташовані в науково-промислових центрах України – Києві (НТУУ «КПІ»), Харкові (НТУ «ХПІ»), Дніпропетровську (Національна гірничча академія України – НГАУ), Донецьку (Донецький державний технічний університет – ДДТУ), Одесі (Одеський державний політехнічний університет – ОДПУ), Львові (Національний університет “Львівська політехніка” – НУ «ЛПІ»). Головним центром було визначене Міністерство освіти та науки України [11]. Станом на грудень 1999 року мережа УРАН володіла такими зовнішніми каналами зв'язку: наземний цифровий 64 Кбіт/с канал через Укртелеком (з можливим нарощуванням швидкості без зміни обладнання до 4Мбіт/с), супутниковий прийомний канал 256 Кбіт/с на InterPacket (з можливим нарощуванням швидкості без зміни обладнання до 4 Мбіт/с; у 2000 році канал був розширений до 512 Кбіт/с, а у березні 2001 року канал був виведений з експлуатації), паритетний канал зв'язку 115 Кбіт/с з KS-Net (наукова мережа міста Києва) [12]. У 2000 році швидкість наземного каналу була доведена до 256 Кбіт/с, а в 2001 році були

введені в експлуатацію двосторонній супутниковий канал 1 Мбіт/с (SkyVision-Україна) та супутниковий канал 1,2 Мбіт/с (УкрСат). Крім того, Центр Європейської Інтеграції включився в Українську мережу обміну трафіком (UA-IX) на швидкості 100 Мбіт/с. У 2002 році були створені обласні вузли в Луганську (на базі Східнослов'янського національного університету ім. В.І.Даля), Сумах (на базі Сумського державного університету), Чернігові (на

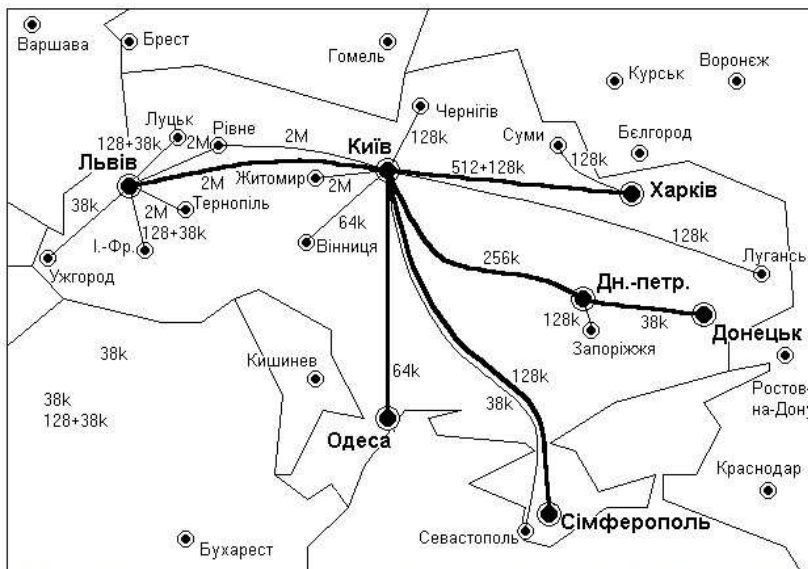


Рис. 1. Структура мережі УРАН станом на вересень 2002 року [11]

базі Чернігівського державного технологічного університету), Івано-Франківську (на базі Івано-Франківського державного технічного університету нафти і газу), Запоріжжі (на базі Запорізького національного технічного університету) та

Сімферополі (на базі Таврійського національного університету ім. В.І.Вернадського). У травні-червні 2002 року досягнуті домовленості про те, що АТ «Харків Онлайн» стає офіційним оператором мережі УРАН в Північно-Східному регіоні України, а державне підприємство Науково-телекомунікаційний центр «Українська академічна і дослідницька мережа» Інституту фізики конденсованих систем НАН України (надалі – НТЦ UARNet), створене Постановою Президії НАН України № 405 від 20 листопада 1998 року на базі лабораторії інформаційних технологій і комп'ютерних мереж ІФКС НАН України, стає офіційним оператором УРАН в її Західному регіоні. Після підключення ще кількох вузлів у обласних центрах країни (Вінниця, Житомир, Рівне та ін.), у вересні 2002 року мережа УРАН мала структуру, зображену на рис. 1.

Протягом 2003-2009 років в мережі УРАН послідовно відбувався перехід до волоконно-оптичної технології (CEF-технології) побудови каналів зв'язку

[13] (уже в середині 2004 року мережа УРАН припинила використовувати супутникові технології передачі даних, перейшовши повністю на наземні). Серед переваг, яких набула науково-освітня мережа, що базувалася на SEF-інфраструктурі, слід відзначити: пропускна спроможність ліній зв'язку зросла до десятків Гбіт/с; з'явилася можливість легко проводити зміни мережевої топології; зросла ефективність економічних шляхів розподілу затрат на утримання; з'явилися можливості вільного вибору варіантів комплектації каналним активним обладнанням, його перестановок, модернізації, проектування, роботи з джерелами світла різних частот; використання саме первинної інфраструктури (так званого темного оптоволокна), на відміну від оренди потоків передачі даних у операторів електрозв'язку, стимулювало прогрес у науково-освітній мережі, дозволяло їй бути полігоном для апробації нових технологій, а не примушувало її йти на крок позаду від вже комерціалізованих технічних рішень. Таким чином, станом на кінець 2009 року практично всі підключення користувачів до мережі УРАН були здійснені виключно на волоконно-оптичних лініях зв'язку [13]. У цей же період була реалізована ідея щодо підключення мережі УРАН до мережі GEANT – розвинутої пан-Європейської науково-освітньої мережі, що поєднувала національні науково-дослідні мережі Європи і нараховувала близько 30 мільйонів користувачів серед науково-дослідних та освітніх установ 40 країн континенту, що з'єднувалися з GEANT через національні мережі. Найближчий до України маршрутизатор знаходився у м. Познані (Польща) на технічному майданчику Польської науково-освітньої мережі PIONER.

Підключення мережі УРАН до GEANT впроваджувалось протягом трьох етапів починаючи з 2007 р. [13]. На першому етапі взаємоз'єднання (листопад 2007 року) забезпечувалося орендованим каналом зв'язку STM-1 (потік 155 Мбіт/с) Київ-Варшава (був орендований у ТОВ «АО КОМ»), який поєднував роутер УРАН у Києві та вузол мережі PIONER у Варшаві. Протягом року пропускна здатність цього каналу була вичерпана. В грудні 2008 року експлуатацію каналу до Варшави було зупинено і на другому етапі зв'язок

забезпечила створена міжнародна волоконно-оптична лінія зв'язку 1 Гбіт/с до технічного майданчика мережі PIONER у Гребенному (Польща). З українського



Рис. 2. Топологія мережі УРАН станом на кінець 2010 року [12]

боку зв'язок було реалізовано через волоконно-оптичний кабель Львів-Рава Руська-Гребенне, два оптичних волокна у якому були придбані, на той момент, уже Всеукраїнською асоціацією «Уран» (Асоціацію

користувачів Української науково-освітньої телекомунікаційної мережі було перереєстровано в 2006 році на підставі Наказу Міністерства освіти і науки «Про створення Всеукраїнської Асоціації УРАН» від 13 березня 2006 року № 181 та за дозволом Антимонопольного комітету України згідно з Рішенням АМКУ від 5 жовтня 2006 року № 411-р як неприбуткову організацію; її засновниками стали ВНЗ України IV-го рівня акредитації, установи НАН та Академія педагогічних наук України (дивіться розділ «Установчий договір» [13])). На третьому етапі (2010 рік) волоконно-оптична лінія зв'язку Львів-Рава Руська-Гребенне була переведена на 10 Гбіт/с за технологією CEF та організоване включення у вузол мережі PIONER безпосередньо у Гребенному. Транспорт Гребенне-Познань до маршрутизатора GEANT забезпечувала мережа PIONER. Таким чином, на кінець 2010 року топологія науково-освітньої мережі УРАН мала вигляд, зображений на рис. 2.

Таким чином, створення Української науково-освітньої мережі УРАН дало можливість освітній та науковій спільноті України приступити до розв'язання таких важливих задач:

1. Створити середовище високошвидкісного доступу до інформації з метою вирішення найважливіших життєво необхідних для національної освіти завдань, цим самим вивівши освіту України на рівень близького і

безпосереднього доступу до джерел знань і освітньої інформації на всій території України.

2. Розпочати розв'язання питань з приводу розвитку технологій та досліджень в галузі суперкомп'ютерів та грид-технологій, масової розосередженої обробки інформації (дивіться [14]).

3. Реалізувати можливість щодо реалізації доступу до світових електронних бібліотек, баз даних, наукових та освітніх порталів (дивіться [15], розділ «Доступ до наукових публікацій» в [12]).

4. Кооперуватися науковим колективам українських вчених між собою та з науковцями Європи в проведенні спільних наукових досліджень в ключових галузях науки, техніки, технологій; проводити дистанційні лекції та відео конференції (дивіться розділ «Відеоконференції» в [12]).

5. Розпочати впровадження дистанційного навчання як у вищих, так і в загальноосвітніх навчальних закладах (дивіться [16]).

Паралельно із процесами створення та розвитку науково-освітньої мережі УРАН наукові установи системи Національної Академії наук України розв'язували проблему створення власної високошвидкісної телекомунікаційної мережі обміну даними наукових досліджень. Розпорядженням Президії НАН України № 146 від 27.02.04 р. «Про організацію робіт за Програмою інформатизації НАН України» було затверджено концепцію Програми, завдання Програми на 2004-2008 роки, положення про Координаційну раду НАН України з питань інформатизації, призначено керівника Програми та його заступника, базову організацію з виконання Програми; нові завдання щодо інформатизації поставлені розпорядженням Президії НАН України № 111 від 16.03.10 р. «Про організацію робіт за Програмою інформатизації НАН України на 2010-2014 роки». В межах Програми інформатизації НАН України з метою підвищення ефективності та якості проведення наукових досліджень за рішенням Комітету Верховної Ради України з питань науки і освіти № 106 від 30.06.2005 р. в системі Української академічної дослідницької мережі UARNet було побудовано Академічну

мережу обміну даними (АМОД) НАН України (створена відповідно до Розпорядження Президії НАН України № 461 від 28.07.05 р.), яка об'єднала станом на 2011 рік 159 наукових установ усіх наукових центрів НАН та МОН України в Києві, Харкові, Донецьку, Дніпропетровську, Сімферополі, Одесі, Львові, Сумах та має вихід до європейської мережі GEANT [17]. Розглянемо детальніше еволюцію створення АМОД НАН України.

2004 рік можна назвати роком початку створення АМОД. Згідно Звіту про виконання робіт за проектами Програми інформатизації НАН України [18] цього року створювався Київський фрагмент телекомунікаційної мережі обміну даних (МОД) НАН України для об'єднання в єдину інформаційну систему інститутів та установ м. Києва (установа-виконавець – Інститут фізики конденсованих систем НАН України) на базі мідних каналів зв'язку міської комунікаційної мережі. Протягом року були створені вузли передачі даних: *центральний вузол* знаходився в Президії НАН України (вул. Владимирська, 54), *7 опорних вузлів* були розташовані в таких установах: Національна бібліотека України (просп. 40-річчя Жовтня, 3), Інститут фізики НАН України (просп. Науки, 46), Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології НАН України (вул. Васильківська, 45), Інститут програмних систем НАН України (просп. Академіка Глушкова, 40), Інститут електродинаміки НАН України (просп. Перемоги 56), Інститут металофізики НАН України (бульв. Академіка Вернадського, 36), Інститут нафтохімії та біоорганічної хімії НАН України (Мурманська, 1; вузол планувався, але його створення не було завершено). Крім того, планувалося підключити до МОД ще 74 наукові установи НАН України. Але разом з тим було зрозуміло, що мережа обміну даних на базі мідних каналів зв'язку не може за своїми фізичними можливостями (швидкість до 2 Мбіт/с) забезпечити потреби всіх інститутів НАН України, розташованих у місті Києві. Тому у звіті [18] робився висновок про доцільність проведення поетапного підключення установ НАН України з наступним розширенням ємності каналів зв'язку за рахунок створення

додаткових ліній, використання технологій передачі даних радіо (до 34 Мбіт/с) та оптоволоконними каналами зв'язку (понад 1 Гбіт/с) між опорними вузлами.

У 2005 році в рамках програми інформатизації НАН України було створено оптоволоконну мережу Київського фрагменту телекомунікаційної інфраструктури НАН України [19]. Оптоволоконні лінії з'єднали між собою *центральный вузол*, що був розташований в Президії НАН України, та чотири *опорних вузла*, створених в 2004 році, а саме Національна бібліотека України, Інститут фізики, Інститут програмних систем та Інститут електродинаміки. Додатково були створені оптоволоконні лінії до таких установ НАН України: Центр досліджень науково-технічного потенціалу та історії науки; Рада по вивченню продуктивних сил України (пр. Шевченка, 60); Інститут експериментальної патології, онкології і радіобіології (вул. Васильківська, 45); Інститут фізичної хімії (проспект Науки, 31); Інститут фізики напівпровідників (проспект Науки, 45); Інститут ядерних досліджень (проспект Науки, 47); Інститут кібернетики (проспект Академіка Глушкова, 40); Інститут теоретичної фізики (вул. Метрологічна, 14-б). Створена оптоволоконна мережа мала топологію – зірка, за якою всі *опорні вузли* були безпосередньо підключені до *центрального вузла* на швидкості 1 Гбіт/с. На кожному відрізку оптоволоконної мережі НАН України належало вісім оптичних волокон, що надавало можливість гнучкого конфігурування мережі під різноманітні задачі.

Крім цього, у першому кварталі 2005 року, був створений канал обміну даними до Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії (вул. Мурманська, 1). Канал створювався на базі міжміського мідного кабелю. Створений канал давав можливість передавати дані зі швидкістю 1,5 Мбіт/с.

У всіх точках виходу кабелю були встановлені оптичні бокси, розраховані на введення одного чи двох оптичних кабелів загальною кількістю 24 оптичних волокна. Для з'єднання з зовнішніми пристроями в оптичних боксах використовувалися порти типу SC. Для з'єднання *опорних вузлів* та забезпечення обміну даними використовувалися гігабітні медіа-конвертори EC-74221-2SM-1310nm-20, що перетворюють сигнал стандарту 1000Base-T Gigabit

Ethernet по крученій парі в сигнал стандарту 1000Base-SX/LX Gigabit Ethernet для передачі по волоконно-оптичному кабелю. Медіа-конвертори були призначені для роботи по одномодовим (Single Mode) оптичним кабелям і для прийому/передачі даних використовували два оптичних волокна. Усі медіаконвертери було підключено до серверного та комунікаційного обладнання *опорних вузлів* за технологією Ethernet.

Створення оптоволоконної лінії до Інституту теоретичної фізики ім. М.М.Боголюбова НАН України забезпечило підключення у 2005 році гід-вузла цієї установи шляхом з'єднання через оптичну муфту волоконно-оптичного кабелю до опорного вузла Київського фрагмента телекомунікаційної інфраструктури НАН України в Інституті програмних систем НАН України. Це підключення забезпечило можливість інститутам і установам НАН України працювати всередині мережі з можливістю використання обчислювальних можливостей гід-структури Інституту теоретичної фізики. Аналогічно, проведення оптоволоконного кабелю до Інституту кібернетики ім. В.М.Глушкова НАН України забезпечило підключення суперкомп'ютерного центру Інституту кібернетики до опорного вузла Київського фрагмента телекомунікаційної інфраструктури НАН України в Інституті програмних систем НАН України. Це підключення забезпечило можливість інститутам і установам НАН України працювати всередині мережі з можливістю використання обчислювальних потужностей суперкомп'ютерного центру Інституту кібернетики. Відповідно, гід-структури Інституту теоретичної фізики та суперкомп'ютер Інституту кібернетики отримали можливість підключення до інноваційних проектів світового співтовариства учених.

У 2006 році оптоволоконна мережа Київського фрагменту телекомунікаційної інфраструктури НАН України набула свого подальшого розвитку – були побудовані оптоволоконні лінії до 46 установ НАН України [20]. Таким чином, більшість установ НАН України, що розташовані в м. Києві, були забезпечені високоякісним та швидкісним (1 Гбіт/с) корпоративним зв'язком, доступом до глобальних ресурсів мережі Інтернет. Крім того, було

отримано канал зв'язку, що складався з 8 оптичних волокон та забезпечував передачу даних від оптоволоконної магістралі до місцевого телекомунікаційного вузла в м. Харкові, а саме від Південного залізничного вокзалу (вул. Червоноармійська,7), де розташований кінцевий пункт виходу двох оптичних волокон для передавання даних трасою Київ–Харків, до Інституту електрофізики і радіаційних технологій НАН України (вул. Чернишевського, 28), де було у 2006 році створено *опорний вузол* академічної мережі. Метою отримання цього каналу зв'язку було підключення грид-вузла Інституту теоретичної фізики Національного наукового центру «Харківський фізико-технічний інститут» до телекомунікаційної інфраструктури НАН України, і, в підсумку, забезпечення потреби всіх інститутів НАН України, розташованих у місті Харкові, доступом до мережі обміну даними НАН України на базі оптичних каналів зв'язку.

Протягом 2007-2008 років за рахунок використання орендованих в ДП НПЦ UARNet оптоволоконних каналів *магістральна мережа АМОД* була побудована за кільцевою топологією на основі DWDM-технології (технології щільного хвильового мультиплексування (Dense Wave Division Multiplexing)) і об'єднувала магістральні транспортні вузли (МТВ) та опорні магістральні вузли (ОМВ), що були розміщені у Наукових центрах НАН і МОН України (містах Києві, Харкові, Львові, Донецьку, Дніпропетровську, Одесі, Сімферополі та Сумах). Зокрема, у м. Києві – це МТВ та ОМВ в Президії НАН України, у м. Харкові МТВ та ОМВ – у Національному науковому центрі «Харківський фізико-технічний інститут», у м. Донецьку ОМВ – в Державному університеті інформатики та штучного інтелекту, у м. Дніпропетровську ОМВ – в Інституті проблем природокористування та екології НАН України, у м. Сімферополі ОМВ – у Таврійському національному університеті ім. В.І. Вернадського, в м. Одесі ОМВ – у Фізико-хімічному інституті ім. О.В. Богатського, у м. Львові МТВ – у Львівському національному університеті ім. Івана Франка та у м. Суми ОМВ – в Інституті прикладної фізики НАН України [21]. Ця мережа використовувала промисловий стандарт передачі, який забезпечував швидкість

передачі до 10 Гбіт/с. Через вузли магістральної мережі забезпечувалося під'єднання АМОД як до внутрішніх, так і до міжнародних мереж, у тому числі до Internet, GEANT та PIONIER. Доступ до академічної мережі GEANT забезпечувався через канал 1 Гбіт/с, наданий авторизованою в GEANT мережею УРАН. Доступ до ресурсів польської академічної мережі PIONER забезпечувався через прямий волоконно-оптичний канал ємністю 2,5 Гбіт/с між АМОД НАН України і польською академічною мережею PIONER.

В напрямку м. Рава-Руська – м. Львів – м. Тернопіль – м. Київ – м. Суми та м.Харків розгорнута DWDM система передачі даних на власних волоконно-

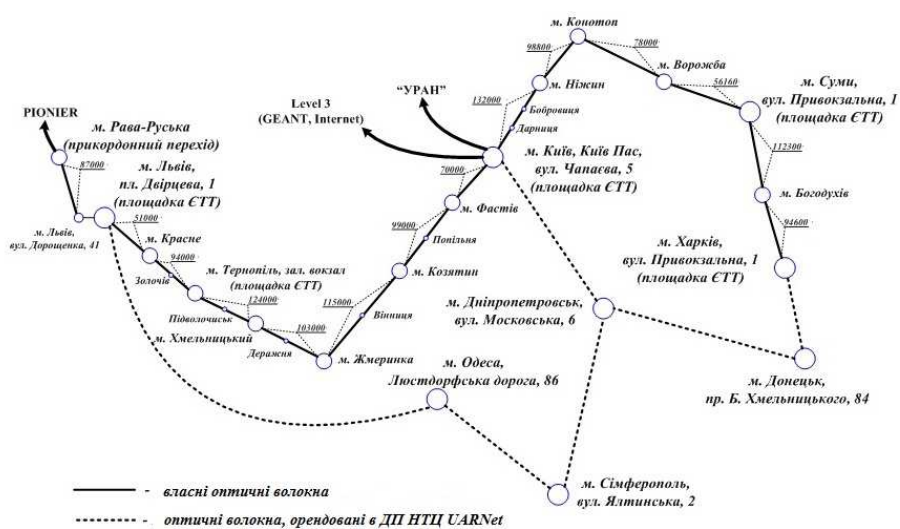
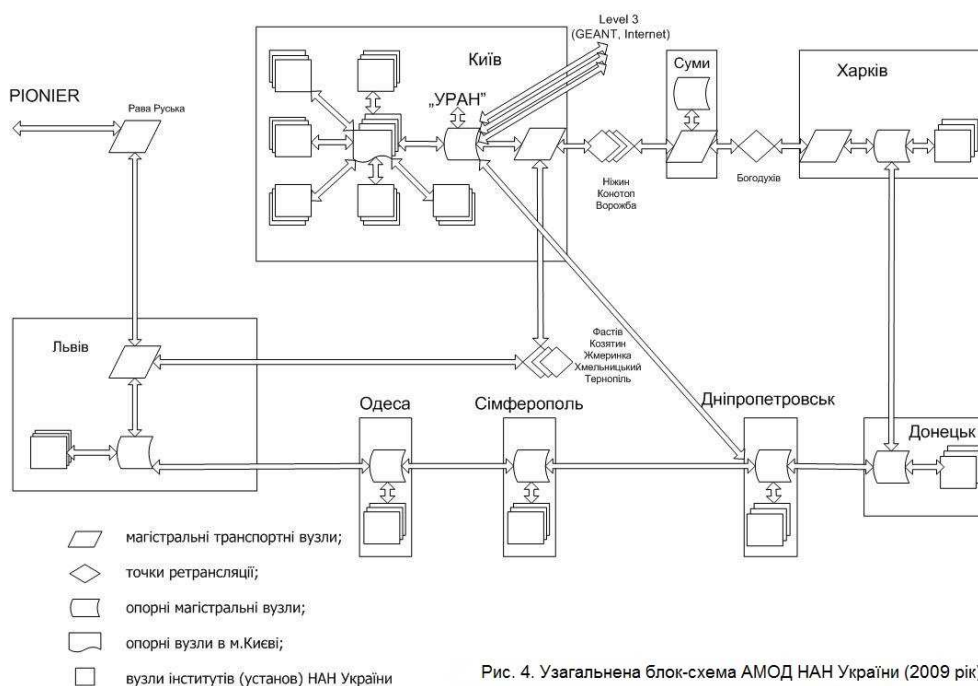


Рис. 3. Топологія магістральної мережі АМОД (станом на 2009 рік)

оптичних лініях зв'язку. У напрямках м. Харків – м. Донецьк – м. Дніпропетровськ – м. Сімферополь – м. Одеса – м. Львів, а також м.

Дніпропетровськ – м. Київ АМОД використовувала 10 Гбіт лямбда-канал, представлений ДП НТЦ UARNet (відповідно до Розпорядження Президії НАН України № 34 від 20.01.2008 року ДП НТЦ UARNet визначене оператором АМОД НАН). Отже, на рис. 3 зображена топологія магістральної мережі АМОД станом на 2009 рік, а на рис. 4 – загальний вигляд станом на 2009 рік блок-схеми цієї мережі [21].

Регіональні мережі АМОД склалися з опорно-магістральних вузлів та



каналів передачі даних між ними і під'єднувалися до магістральної мережі оптоволоконним и каналами зв'язку. Вони об'єднували установи НАН України і МОН

України в регіональних наукових центрах: м. Львів, м. Київ, м. Харків, м. Дніпропетровськ, м. Донецьк, м. Одеса та м. Сімферополь. Регіональна мережа була розбудована в наукових центрах НАН і МОН України з використанням власних оптично-волоконних каналів, які зв'язували опорні вузли мережі, що знаходилися в місцях компактного розміщення установ, з установами НАН України. Швидкість підключення установ НАН і МОН України до опорних міських вузлів становила 100 Мбіт/с. Опорні міські вузли з'єднувалися між собою волоконно-оптичними каналами на швидкості 1 Гбіт/с. Отже, АМОД була побудована за ієрархічним 3-рівневим принципом: перший рівень – магістральна мережа передачі даних, другий рівень – регіональні мережі, третій рівень – локальні мережі установ НАН та МОН України.

З 2008 по 2009 роки була проведена дослідна експлуатація АМОД, за результатами якої відповідно до Постанови Президії НАН України № 95 від 08.04.2009 р. вона була передана в промислову експлуатацію [22].

Отже, створення Академічної мережі обміну даних НАН України дало можливість установам Академії вийти на європейський рівень інформаційного забезпечення, що передбачало [22]:

1) забезпечення швидкісного обміну даними (до 1000 Мбіт/с) між установами НАН України та взаємодії між супер-комп'ютерами та ГРІД-кластерами НАН України (дивіться розділ «Розвиток засобів підтримки наукових досліджень і грід-технологій в наукових установах НАН України» в [23]);

2) забезпечення установ НАН України доступом до європейської академічної мережі GEANT, польської академічної мережі PIONER та Української науково-освітньої мережі УРАН;

3) забезпечення установ НАН України, що підключені до АМОД, доступом до передплачених ресурсів Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського;

4) надання послуги з відомчої та міжнародної ІР-телефонії установам НАН України на базі каналів обміну даних АМОД та зовнішніх каналів ДП НТЦ UARNet;

5) мінімізацію витрат на доступ до внутрішніх та зовнішніх інформаційних ресурсів, а також міжміського телефонного зв'язку;

б) створення гнучкої, керованої і масштабованої інформаційної системи НАН України.

Таким чином, дослідження еволюції розвитку науково-освітніх телекомунікаційних мереж закладів вищої освіти та науки України дозволяє зробити такі висновки щодо основних закономірностей цього процесу.

1. Дві науково-освітні телекомунікаційні мережі – телекомунікаційна мережа закладів освіти і науки України УРАН та Академічна мережа обміну даними НАН України – були створені протягом короткого 10-річного періоду з кінця 90-х років ХХ століття до середини першого десятиліття ХХІ століття. Порівняно швидкому створенню цих мереж перш за все сприяли колосальний досвід Інституту кібернетики України, накопичений школою геніального українського вченого В.М.Глушкова, та продуктивна ініціатива науково-дослідних інститутів НАН України (Інституту фізики конденсованих систем НАН України, Інститут програмних систем НАН України та інших) і вищих

навчальних закладів МОН України (НТУУ «КПІ», НТУ «ХПІ» та інших). Крім того, досить важливу роль у створенні мереж відіграла підтримка з боку держави та (особливо на початкових стадіях розвитку мереж) підтримка закордонних організацій (НАТО для мережі УРАН, фонд Сороса для головного виконавця щодо створення АМОД – ДП НТЦ UARNet).

2. Особливого значення у створенні та розвитку обох телекомунікаційних мереж відіграло державне підприємство НТЦ UARNet, яке було головним виконавцем побудови АМОД (навіть у контексті використання магістральних мереж НТЦ UARNet Академічною мережею НАН України), ініціатором та виконавцем підключення АМОД та УРАН до GEANT, офіційним оператором мережі УРАН в Західному регіоні України.

3. Створення науково-освітніх мереж УРАН та АМОД стало визначним у контексті започаткування першого в Україні грид-сегмента, який забезпечив колективне використання високопродуктивних інформаційних обчислювальних ресурсів, які розміщені в установах НАН і МОН, вагома частина яких стали учасниками ряду європейських грид-проектів.

4. На базі побудованих науково-освітніх мереж зроблено продуктивні кроки у розв'язанні питань щодо побудови академічної системи комп'ютеризованих наукових видань (наукова електронна бібліотека періодичних видань НАН України для Національної бібліотеки України ім. В.І.Вернадського), щодо створення вищими навчальними закладами України власних інформаційних ресурсів, банків даних і знань, інформаційно-пошукових систем.

Список використаної літератури

1. *Хоменко Л. Г.* История отечественной кибернетики и информатики : монографія / Л. Г. Хоменко. – К. : Институт кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины, 1998. – 455 с.

2. *Сергієнко І. В.* Становлення і розвиток досліджень з інформатики. – К. : Наук. думка, 1998. – 204 с.

3. *Малиновский Б. Н.* История вычислительной техники в лицах / Б. Н. Малиновський. – К.: Фирма «Кит», ПТОО А.С.К., 1995. – 384 с.

4. Онопрієнко В. І. Інформатика в Україні: історія, наукові школи, сучасні проблеми / Онопрієнко В. І., Соловійов В. П., Онопрієнко М. В. // Наука та наукознавство. – 2004. – № 4. – С. 148–150.

5. Онопрієнко М. В. Інформатизація в контексті філософсько-методологічного дослідження інформатики / М. В. Онопрієнко. – К.: Софія–Оранта, 2007. – 212 с.

6. Глушков В. М. Кибернетика : краткий ист. очерк развития кибернетики в АН УССР) [Электронный ресурс] / В. М. Глушков. – Режим доступа: <http://www icyb.kiev.ua/file/Краткий исторический очерк1977>

7. Лучук А. М. Устройства передачи дискретной информации / А. М. Лучук. – К.: Техніка, 1978. – 260 с.

8. *Історія* Інституту фізики конденсованих систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.icmp.lviv.ua/content/%D1%96%D1%81%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%96%D1%8F>

9. *Інформаційні* технології в НТУ «ХПІ» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kpi.kharkov.ua/ru/home/it/>

10. *Спільна* Постанова Президії Національної Академії наук України і Колегії Міністерства освіти України від 20 червня 1997 року «Про створення асоціації користувачів телекомунікаційної мережі і «Центру Європейської інтеграції» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.uran.net.ua/archives/97jun-postanova/index.htm>

11. *Галаган В.* Українська науково-освітня мережа «УРАН»: мета, завдання, топологія, організаційна структура, перспективи розвитку / В. Галаган, М. Домбругов // Інтернет-Освіта – Наука – 2002 : зб. матеріалів третьої Міжнар. конф. ІОН-2002, 8–12 жовт. 2002 р. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2002. – Т. 1. – С. 1–7.

12. <http://www.uran.net.ua>

13. *Розбудова* Національної науково-освітньої мережі «УРАН» в рамках державної програми «Інформаційні та комунікаційні технології в освіті та науці» на 2006–2010 роки / Галаган В., Домбругов М., Журавков П. [та ін.] // Інформаційні технології в освіті. – Вип. 4. – 2009. – С. 18–30.

14. *Згуровський М. З.* Grid-технології для Е-науки і освіти / Згуровський М. З., Петренко А. І. // Наук. вісті НТУУ «КПІ». – 2009. – № 2. – С. 10–17.

15. *Стріха М. В.* Забезпечення доступу до електронних наукових видань через мережу УРАН / Стріха М. В., Гладков О. В. // Вісн. НАУ. – 2009. – № 3. – С. 188–194.

16. *Блощинський І. Г.* Історія створення, структура та аналіз сучасного стану впровадження дистанційної форми навчання у вищих навчальних закладах України / Блощинський І. Г. // Збірник наукових праць. Педагогічні науки. – 2011. – № 59. – С. 7–11.

17. *Сергієнко І.* Наукові ідеї академіка В. М. Глушкова та розвиток сучасної інформатики // Вісн. НАН України. – 2008. – № 12. – С. 9–29.

18. *Звіт* про виконання робіт за проектами Програми інформатизації НАН України у 2004 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://programinform.nas.gov.ua/c/document_library/get_file?p_1_id=12548&folderId=10803&name=DLFE-203.doc

19. *Звіт* про виконання робіт за проектами Програми інформатизації НАН України у 2005 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://programinform.nas.gov.ua/c/document_library/get_file?p_1_id=12548&folderId=10803&name=DLFE-204.doc

20. *Звіт* про виконання робіт за проектами Програми інформатизації НАН України у 2006 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://programinform.nas.gov.ua/c/document_library/get_file?p_1_id=12548&folderId=10803&name=DLFE-205.doc

21. *Звіт* про виконання робіт з розбудови та проведення дослідної експлуатації Академічної мережі обміну даними (АМОД) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://programinform.nas.gov.ua/c/document_library/get_file?p_1_id=12548&folderId=11653&name=DLFE-605.doc

22. *Звіт* за проектом 542/2011 Програми інформатизації НАН України на 2011 рік: Розвиток, підвищення пропускної спроможності та надійності функціонування АМОД (заключний) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://programinform.nas.gov.ua/c/document_library/get_file?p_1_id=12548&folderId=18737&name=DLFE-1013.doc

23. *Звіт* про виконання робіт за проектами Програми інформатизації НАН України у 2010 році [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://programinform.nas.gov.ua/c/document_library/get_file?p_1_id=12548&folderId=10803&name=DLFE-701.doc