РОЗДІЛ 8
МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 519.8

Горбачук В. М.
Інститут кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України

ПОСТІНДУСТРІАЛЬНА ОРГАНІЗАЦІЯ ДЕРЖАВНИХ ЗАМОВЛЕНЬ У РОЗВИТКУ AUTODIN, ARPANET, PRNET, NSFNET ТА ІНТЕРНЕТУ

Державна функція оборони розвивалася у формі держзамовлень на дослідження і розробки. Зміни державних функцій зумовлені постіндустріальною організацією. Ця організація базується на мережевих ефектах.
Ключові слова: постіндустріальна організація, державні замовлення, Інтернет.

Постановка проблеми полягає у належній державній організації розвитку динамічної галузі економіки – інформаційно-комунікаційних технологій (ІКТ).

Аналіз останніх досліджень і публікацій ґрунтується на діяльності Агентства оборонних передових дослідницьких проектів (Defense Advanced Research Projects Agency, DARPA) США. Розвиток Інтернету передбачав перетворення комп'ютерної мережі ARPANET, заснованої Агентством передових дослідницьких проектів (Advanced Research Projects Agency, ARPA) Міністерства оборони США (U.S. Department of Defense, DoD) [2; 11; 14]. ARPA було засновано у 1958 р., щоб забезпечувати нагляд за дослідженнями і розробками у DoD, підтримувати розробку новітніх технологій із потенційним застосуванням до всіх трьох військових служб – армійської, флотської та повітряної. У 1972 р. ARPA було перейменовано в DARPA, у 1993 р. DARPA було перейменовано в ARPA, а в 1996 р. ARPA було знову перейменовано в DARPA. Рішенню про підтримку розвитку ARPANET передувало кілька успішних зусиль DoD в області комп'ютерної комунікації [22].

Загострення холодної війни на початку 1950-х років відіграло вирішальну роль для розвитку здатності фірми IBM вийти на ринок із комерційним комп'ютером, який повністю базувався на транзисторах [23]. Це рішення IBM також було спричинене антитрестівським позовом у 1951 р. Міністерства юстиції США (U.S. Justice Department) проти фірми IBM щодо її політики надання табуляторів лише в оренду, монополізації ринку перфокарт, дискримінації під час продажу перфокарт. Президент IBM Томас Уотсон-молодший погодився з рішенням суду згідно з укладеною сторонами мировою угодою, що зняло цей позов у 1956 р. Стратегія Уотсона полягала в тому, щоб утриматися від домінування на зрілих ринках табуляторів і карт, натомість досягнувши домінування на ринку комп'ютерів. Контракти IBM із Повітряними силами (U.S. Air Force) та Комісією з атомної енергії (Atomic Energy Commission, AEC) США істотно зміцнили цю стратегію [12]. Ця стратегія ґрунтувалася на рішенні IBM кооперуватися з лабораторією Лінкольна Масачусетського інституту технології (Massachusetts Institute of Technology, MIT) у проектуванні й розробці комп'ютеризованої системи протиповітряної оборони – напівавтоматичного наземного середовища (Semi-Automatic Ground Environment, SAGE) за підтримки Повітряних сил США. Комп'ютерна технологія, розроблена для проекту SAGE, була безпосереднім наслідком проекту Whirlwind (Вихор), спочатку спрямованого на розробку пілотного тренажера загального призначення. Whirlwind був ініційований під час Другої світової війни групою молодих аспірантів-інженерів, яку очолював Джей Форрестер із лабораторії сервомеханізмів MIT за підтримки Офісу морських досліджень (Office of Naval Research, ONR) – основоположник теорії системної динаміки (починаючи з 2012 р., проект із системної динаміки разом з університетом Бергена (Норвегія) здійснює кафедра фінансів Києво-Могилянської академії за підтримки Міністерства закордонних справ Норвегії).

Нерозв'язана раніше частина загальної проблеми – постіндустріальна організація державних замовлень і замовлень міжнародних організацій у розвитку ІКТ.

Мета статті полягає у виявленні закономірності організації процесів досліджень і розробок в ІКТ.

Виклад основного матеріалу дослідження. Комп'ютер Whirlwind, розроблений на початку 1950-х років для системи SAGE протиповітряної оборони, дав операторам змогу взаємодіяти з даними, що обробляються, та показувати інформацію на екрані комп'ютера. DoD мало інтерес до розробки витонченішої системи, що забезпечувала б виживання системи комунікації після нападу, який міг би зробити недієздатною кожний центр управління.

Рішення про розвиток ARPANET також відбивало особистий інтерес Джозефа Ліклайдера, першого директора Офісу методів обробки інформації (Information Processing Techniques Office, IPTO) ARPA, до людино-машинної взаємодії. Ліклайдера непокоїли періодичні технологічні процеси, що використовувалися для обробки даних на існуючих тоді великих універсальних комп'ютерах. Щоб розв'язати задачу на комп'ютері, дослідник мав спочатку сформулювати її, а потім передати письмову постановку задачі професійному програмісту, щоб той закодував задачу для комп'ютера. Після того як програма написана на комп'ютерній мові, вона подається оператору центрального комп'ютера і ставиться оператором у чергу. Тоді комп'ютер обробляє інформацію й друкує результати [11]: «Технологічна обробка раціоналізувала вхідний потік на комп'ютер, але зали-

© Горбачук В. М., 2016

шалася марудною й неефективною для програміста» [2]. Технологічна обробка забирала багато часу й сил також у користувача. Вхідні статистичні дані нерідко доводилося вручну обробляти і табулювати, щоб передати таблиці оператору і чекати понад тиждень для отримання роздруківки результатів регресії.

Ліклайдера турбувало те, що комп'ютерні технології радше слугують потребам користувача, ніж змушують споживача адаптуватися до машини [13]. На думку вченого, підставою для підтримки досліджень в області штучного інтелекту (ШІ) було те, що ШІ посідав центральне місце у місії ARPA через свою ключову роль для розробки передових автоматизованих систем управління (систем управління і контролю). У 1983 р. ARPA започаткувала нову амбіційну програму ШІ – програму стратегічного управління. З погляду Національної дослідницької ради (National Research Council) важливі технічні здобутки досліджень ШІ відбулися завдяки підтримці ARPA. Дослідження ШІ з розвитком дисципліни комп'ютерних наук відбувалися здебільшого завдяки підтримці ARPA та Національного наукового фонду (National Science Foundation, NSF). Перші прибічники і прихильники ШІ були оптимістами [7; 14; 18]. Шлях від початкового інтересу до розробки технології, «яка дозволила б великим комп'ютерам говорити між собою», до винайдення і приватизації комп'ютерних мереж – це шлях розвитку Інтернету. Винайдення і прийняття Інтернету супроводжувалося інституційними інноваціями, спричиненими змінами запасів ресурсів і технологій, а технічні зміни спричинені змінами інститутів і запасів ресурсів [21].

Спочатку Ліклайдер бачив систему «поділу часу», в якій до центрального комп'ютера був би доступ від багатьох користувачів з індивідуальними терміналами, зв'язаними телефонною лінією з центральним комп'ютером [14]. За аналогією з центральною електростанцією в електромережі поділ часу віддаленого зв'язку з користувачами, приєднаними до центральних терміналів, використовуючи телефонні комутатори, дав би змогу економити на експлуатації центральних терміналів – рідкісного ресурсу системи. Тоді не знали, що обмеження, пов'язане з центральним комп'ютером, зникатиме з розвитком міні- та мікрокомп'ютерів.

У 1966 р. Роберт Тейлор, який очолював IPTO після Джозефа Ліклайдера, надав гарантії послугам Лоуренса Робертса, дослідника лабораторії Лінкольна MIT на атлантичному узбережжі США, якому вдалося приєднати комп'ютер лабораторії до комп'ютера, розташованого на тихоокеанському узбережжі США в корпорації RAND (Reseach ANd Development) у м. Санта Моніка (штат Каліфорнія). Робертс отримав мандат будувати велику багатокомп'ютерну мережу, яка б пов'язувала комп'ютери з поділом часу у 17 академічних, промислових та урядових обчислювальних центрах, підтримуваних ARPA.

Спочатку Тейлор розраховував на використання порівняно низькошвідкісних телефонних ліній для з'єднання комп'ютерів у кількох центрах. Проте в жовтні 1967 р. на комп'ютерному симпозиумі у м. Гартлінбург (штат Теннессі) Роджер Скантлбері з Британської національної фізичної лабораторії (British National Physical Laboratory, BNPL) повідомив Тейлора про дуже суттєвий прогрес, досягнутий одним методом передачі повідомлень – методом пакетної комутації.

Пропозицію розвитку розподіленої комунікаційної системи зі швидкою наскрізною передачею повідомлень і малими недорогими переключеннями першим висунув молодий інженер RAND Пол Баран у низці публікацій наприкінці 1950-х і на початку 1960-х років [4]. Повідомлення розбиватимуться на малі «пакети» і направлятимуться за маршрутами по розподіленій системі автоматично, а не вручну. Баран передбачав повністю цифрову мережу з комп'ютеризованими комутаторами і цифрову передачу. Пакетна комутація імпонувала Барану, оскільки краще задовольняла вимоги виживання військової комунікаційної системи, ніж зацентралізована система, яку будувала компанія Bell Telephone Laboratories для DoD. Пропозиція Барана створила конфлікт із новим Агентством оборонної комунікації (Defense Communication Agency, DCA) і була відкликана її замовниками з Повітряних сил США. У середині 1960-х років альтернативну систему пакетної комутації з радше комерційними, ніж військовими, цілями розробив Дональд Девіс із BNPL. Однак бюрократичні й ресурсні обмеження перешкоджали втіленню систем пакетної комутації [2]. Лише виділення дуже великих фінансових і технічних ресурсів, наявних в ARPA, забезпечило успіх технології пакетної комутації.

Присутні у середині 1960-х років комп'ютерні апаратурна й операційна системи мали тенденцію до відносної спеціалізації. Підрядники, яким потрібен був доступ до різних видів обчислень, мали їхати в інше місце чи купувати багато машин. Тому обчислювальні центри постійно зверталися до IPTO щодо фінансування додаткових комп'ютерів. Для Тейлора і Робертса мережева система видавалася можливістю як просувати дослідження у новій галузі комп'ютерних наук, так і заощаджувати гроші ARPA на комп'ютерному обладнанні. На нараді з планування в університеті Мічигану в 1967 р. Робертс виклав своє бачення системи, де головні комп'ютери зв'язувалися між собою малими інтерфейсними комп'ютерами, даючи, таким чином, змогу головним комп'ютерам із різними характеристиками «говорити один з одним». Ця пропозиція Робертса спочатку не знайшла підтримки університетських відповідальних дослідників, зацікавлених у розробці свого власного програмного забезпечення. Оскільки всі обчислювальні центри фінансувалися ARPA, то Робертс міг наполягати на тому, щоб усі близько десятка місць (сайтів) приєднали свої комп'ютери до його мережі незалежно від їхнього бажання [4]. У 1971 р. ARPANET складалася з 15 з'єднаних вузлів: лабораторія Лінкольна MIT – географічно близька до MIT мала консалтингова високотехнологічна фірма Bolt, Beranek and Newman (BBN) – RAND – Стенфорд – Стенфордський дослідницький інститут (Stanford Research Institute, SRI) – університет Каліфорнії у Лос-Анджелесі (University of California at Los Angeles, UCLA) – Берклі; RAND – System Development Corporation (SDC) – університет Юти – університет Іллінойсу – MIT – BBN – Гарвард – Burroughs – університет Карнегі-Мелон – університет Кейс Вестерн Резерв. Серед цих вузлів розвивалися інші зв'язки.

Отже, створення ARPANET є прикладом державно-приватного партнерства, ефективної взаємодії академічної й університетської науки. Серед центрів ARPANET була спеціалізація. Наприклад, на графіці спеціалізувалися MIT, Гарвард,

університет Юти, RAND, на ШІ – Стенфорд, університет Карнегі-Меллон, а на обчислювальній потужності – університет Іллінойсу.

ARPA надала контракт фірмі BBN на розробку спеціального комп'ютера – інтерфейсного процесора обробки повідомлень (interface message processor, IMP), який би спрямовував пакети повідомлень за альтернативними маршрутами. Хоча розробка програмного забезпечення, яке б направляло пакети іншими альтернативними шляхами, і проблеми інженерного проектування виявилися складнішими, ніж очікувалося, команда BBN IMP успішно розробила базові елементи Інтернету через дев'ять місяців після надання контракту [8; 11; 14].

Досягнення команди BBN IMP мали велике значення для новаторської мережі ARPANET і стрімкого розвитку світового Інтернету, а винахідницький успіх малого підприємства BBN можна порівнювати з успіхом Томаса Едісона та малої групи його колег, які винайшли систему електричного освітлення [11]. Подібно до досліджень Едісона у м. Менло Парк (штат Каліфорнія) мала місце інтенсивна діалектична взаємодія між досягненнями науки і досягненнями технології. Іноді про винахід повідомляли науковці, іноді – інженери з науковими знаннями.

Подібно до зв'язку між наукою і технологією має місце тісний взаємозв'язок між розробкою військових і комерційних літаків. Галузь літакобудування виділяється серед інших галузей машинобудування тим, що незадовго до вступу США у Першу світову війну була заснована урядова дослідницька організація США – Національний дорадчий комітет з аеронавтики (National Advisory Committee for Aeronautics, NACA) – для проведення досліджень із технології і проектування військових і комерційних літаків. NACA був важливим та ефективним джерелом нових знань і технологій для галузей військових і комерційних літаків понад 40 років, а в 1958 р. NACA увійшов до складу Національної адміністрації з аеронавтики і космосу (National Aeronautics and Space Administration, NASA). NASA продовжує брати участь у майже всіх науково-технічних розробках літаків.

NACA зробив істотний внесок у просування літакобудівних технологій незадовго до початку і під час Другої світової війни. Дослідження NACA з розмерзання вели до розробки термального розмерзання через теплообмін із відпрацьованими газами. Проект крила з ламінарним обтіканням і малим аеродинамічним опором для літака-винищувача P-51 був важливим внеском NACA під час війни. NACA також приділяв велику увагу поліпшенню та випробуванню прототипних моделей військових літаків і консультуванню авіа виробників із технічних питань серійного випуску літаків: усі літаки і літакові двигуни США, що застосовувалися у Другій світовій війні, випробовувалися і вдосконалювалися інженерами NACA. Водночас керівництвом NACA й експертами в літакобудівній галузі було широко заявлено, що дуже багато здобутків NACA ґрунтується на фундаментальних аеронавтичних дослідженнях [17].

Громадський закон США № 271 про заснування NACA, прийнятий 63-м Конгресом США 3 березня 1915 р., передбачав: «Обов'язком Дорадчого комітету з аеронавтики є наглядати і направляти дослідження проблем польоту з огляду їхнього практичного розв'язку». Тому з перших років свого існування NACA вибрав інженерний напрям, з якого не звертав [17].

У 1920-х роках були докладені зусилля, щоб доповнювати інженерний напрям NACA посиленням фундаментальних наукових досліджень в аеронавтиці [3; 6; 25]. Фонд Деніела Гуггенхейма для сприяння аеронавтиці дав багато грантів аеронавтичним інженерним програмам Каліфорнійського інституту технології (California Institute of Technology, Caltech; Калтех), Школі (пізніше – Інституті) Джорджії, MIT, університету Нью-Йорка, Стенфордському університету, університету Мічигану, університету Вашингтону [9]. На той час ці програми Калтеху і Стенфорду вже мали сильну наукову базу. У 1916–1926 рр. професори механіки Дюран і Леслі застосували метод варіації параметра для проектування експериментів в аеродинамічній трубі, щоб оцінювати роботу повітряного гвинта [24]. У 1930 р. Калтех спромігся залучити у свій штат Теодора фон Кармана, одного з найвизначніших учнів Прандтля (який уважав себе фізиком-прикладником) у Геттінгені. Фон Карман відіграв провідну роль у подальшому успішному становленні Калтеху як світового наукового центру для аеронавтичної науки та інженерії [10; 19]. У Калтеху фон Карман поєднував свою наукову діяльність із серйозними інженерними експериментами. Він вживав заходів для побудови аеродинамічної труби і проводив там експерименти. Починаючи з 1932 р. він підключився до досліджень розташованої поблизу м. Санта-Моніка фірми Douglas Aircraft, які вели до розробки літака DC-3 [19].

Напруженість між науковим та інженерним напрямами NACA відображалася у дебатах про стратегію післявоєнних досліджень. У 1944 р. Едвін Хартман, західний координатор досліджень NACA, доводив, що після війни NACA має спрямувати свою головну увагу на розробки. Він наполягав, що роботи, де NACA здійснив найпомітніший вклад і дістав найбільше визнання, – саме розробки. Хартман посилався на приклади обтікача NACA і дослідження з розмерзання [17]. Наприкінці Другової світової війни одним із найбільш нагальних викликів, з яким зіштовхнулося керівництво NACA, була необхідність відповідати на критику про те, що під час війни NACA зазнавав кричущого дефіциту фундаментальних даних, нехтуючи фундаментальними дослідженнями [17].

Проблема була не в тому, що інженери та вчені NACA не проводили важливих фундаментальних або наукових досліджень, а в тому, що ці дослідження спонукалися радше реакцією на конкретні інженерні проблеми, ніж реакцією на об'єктивно існуючу потребу просування наукових горизонтів: «Аероавтичні інженери широко використовують джерела інформації, яка не спирається на фундаментальну науку, бо специфіка проектів літаків вимагає інформації, яка не випливає з принципів аеродинаміки» [19]. Критики NACA виходячи з лінійної моделі взаємозв'язку між фундаментальними дослідженнями і технологічними розробками намагалися тиснути на NACA в напрямі, несумісному з технологічними розробками літаків.

Протягом 1929–1954 рр. персонал NACA отримав п'ять дослідницьких нагород «Трофей Кольєра» – щорічних авіаційних нагород, які присуджує Національна аеронавтична асоціація США: у 1929 р. – за розробку обтікача, який значно зменшує опір радіальних двигунів із повітряним охолодженням; у 1946 р. – за розробку термального розмерзання через теплообмін із відпрацьованими газами; у 1947 р. – за розробку прототипного дослідницького літака (X-1), що долає

звуковий бар'єр; у 1951 р. – за розробку надзвукової аеродинамічної труби, що може продукувати надійні дані для найпроблемніших діапазонів швидкості; у 1954 р. – за відкриття й обґрунтування надзвукового правила площ Віткомба для аеродинамічного потоку, яке встановлює оптимальний взаємозв'язок між формами фюзеляжу і крил. Лише нагорода 1954 р. включала фундаментальні наукові дослідження [17].

Незавершена природа згаданих дебатів спричинена організацією діалогу, обмеженого інтелектуальною прихильністю частини персоналу й адміністрації NACA до традиційної моделі взаємозв'язку між просуванням у науці та просуванням у технології (у лінійній моделі після фундаментальних досліджень йдуть прикладні, а потім технологічні розробки) і прихильністю зовнішніх і внутрішніх критиків NACA до інтерактивної моделі зв'язків між науково-технічними знаннями та розробками (у мережевій моделі різні точки технологічних інновацій і наукових інновацій взаємодіють між собою, безперервно оновлюючи науково-технологічні знання, які впливають на всі точки інновацій). Окрім того, можна окреслити квадрантну модель цих зв'язків, вимірюючи по вертикалі вниз – роль уряду, по вертикалі вгору – роль ринку, по горизонталі вправо – наукові діяльності, по горизонталі вліво – технологічні діяльності [20]. Квадранти вище горизонталі – фундаментальні дослідження, причому справа – дослідження, стимульовані використанням (квадрант Пастера), а зліва – дослідження, стимульовані допитливістю (квадрант Бора). Квадранти нижче горизонталі – прикладні дослідження і технологічні розробки, причому справа – дослідження і розробки, фінансовані промисловістю (квадрант Едісона), а зліва – дослідження і розробки, фінансовані урядом (квадрант Ріковера). Лінійна модель не давала змоги розподіляти сфери відповідальності між NACA, авіаційною службою і приватною промисловістю: «У повітряних силах відмінність між розробкою й оцінкою була не помітнішою, ніж у NACA відмінність між дослідженнями і розробками» [17]. Термін «фундаментальні дослідження» більше розмивав кордони між дослідницькими функціями, ніж проясняв їх.

Ураховуючи досвід NACA, у 1971 р. ARPA підключило Повітряні сили та Національне бюро стандартів США до ARPANET. Незважаючи на великі докладені зусилля, оператори центральної системи повільно будували спеціальне апаратне забезпечення для інтерфейсу між їхнім комп'ютером і його IMP. Робертс із колегами вирішив, що потрібен рішучий захід, щоб «каталізувати мережеву громаду на здійснення заключного кроку для отримання своїх ресурсів онлайн». Такий захід – демонстрація спроможностей ARPANET на 1-й міжнародній конференції з комп'ютерного зв'язку, яка мала відбутися у жовтні 1972 р. у столиці США Вашингтоні [2].

Демонстрація Інтернету на згаданій конференції була вирішальним моментом у поширенні застосувань глобальної мережі. Ця демонстрація переконала всіх учасників комп'ютерної і телефонної галузей у тому, що пакетна комутація може стати життєздатною комерційною технологією. ARPANET уже не могла вважатися просто потенційним застосуванням для оборони чи наукових досліджень. Хоча потенційна спроможність мережі ARPANET як засобу зв'язку віддалених комп'ютерів була очевидною принаймні для її розробників, вони та замовники дослідження з DoD не могли збагнути, що основним застосуванням мережі буде радше особиста і комерційна електронна пошта, ніж передача даних або дослідницьке співробітництво. Потребувалася чверть віку, щоб розв'язати технічні та інституційні проблеми для вивільнення потенціалу Інтернету.

Щоб на початку 1970-х років мати доступ до Інтернету і користуватися ним, сайт мав приєднатися до ARPANET, для чого був потрібен дослідницький контракт з ARPA чи іншою урядовою установою, погодженою з ARPA. Додання нового сайту обмежувалося високою вартістю встановлення доступу, вимогою співробітництва з дослідницькою групою ARPA, наявністю вмілих програмістів, здатних створювати і підтримувати хостингове програмне забезпечення. Якщо член мережі не фінансувався ARPA, то за встановлення нового вузла мав заплатити від 55 до 107 тис. дол. в цінах 1972 р. [2]. Після схвалення сайту (вузла) ARPA мало замовити у фірми BBN новий IMP, дати розпорядження для Network Analysis Corporation про реконфігурацію мережі з новим вузлом, узгодити з American Telephone and Telegraph (AT&T) телефонну лінію між цим новим вузлом і рештою ARPANET. Новий хост буде відповідальним за надання програмного й апаратного забезпечення для інтерфейсу хост – IMP і за виконання протоколу Network Control Protocol (NCP) хосту на своїх комп'ютерах. Здійснення цих функцій хостом могло потребувати року роботи програміста [2].

Однак приєднані до ARPANET університети і компанії отримували досить непевне управління доступом до мережі. У цьому автор переконався особисто восени 1992 р., коли в Економічному інституті м. Боулдер (штат Колорадо) започатковував спілкування електронною поштою серед перших стипендіатів Бенджаміна Франкліна (слід сказати, що Боулдер – одне з найбільш високотехнологічних міст США). Майже кожний, хто мав доступ до облікового запису на приєднаному до мережі комп'ютері, мав труднощі з використанням мережевих застосувань. Якщо користувач мав доступ до ARPANET, то мав додаткові труднощі: засоби пошуку і каталоги адрес не існували; отримання доступу до віддалених комп'ютерів треба було погоджувати; багато хост-комп'ютерів мало свої власні мови програмування, формати даних і спеціалізоване апаратне забезпечення. Розв'язання проблем сумісності виявилося набагато складнішим, ніж уважали розробники IMP та ARPANET.

У 1993 р. автор створив, напевне, один із перших каталогів електронних адрес організацій України, який розмістив Богдан Пітер Рекшинський на порталі BRAMA. Рекшинський тоді працював у провідній компанії Уолл-Стріт – Lehman Brothers, і автор розраховував, що цей каталог стане в нагоді для формування глобального портфеля Lehman Brothers. Однак Lehman Brothers та вказані у каталозі організації не виявилися готовими до викликів глобалізації, що підтвердилося у кризовий період через 15 років.

У відповідь на побажання користувачів у 1970-х роках ARPANET ініціювала важливі зміни в апаратному і програмному забезпеченні, конфігурації та застосуванні [2; 14]. Децентралізоване середовище ARPANET створило для користувачів можливість виходу їхніх емоцій і винайдення нових застосувань. Часто спираючись на фінансування ARPANET, користувачі проводили успішні експерименти у кількох областях. Один із таких

експериментів – розробка систем термінального інтерфейсу [2]. Під тиском UCLA, який бажав приєднати два комп'ютери до свого IMP, Робертс уповноважив BBN модифікувати IMP для управління принаймні двома комп'ютерами, що пізніше дало спосіб приєднання сайтів безпосередньо до ARPANET без хост-комп'ютерів. Модифікований IMP назвали TIP (terminal IMP). Інший експеримент – розробка нових комунікаційних маршрутів для сприяння зв'язку з мережами локальних областей (local area networks, LANs). Коли користувачі комп'ютерів одного сайту одночасно починали надсилати дані один одному, то несподівано для персоналу ARPA та BBN виникали LANs.

Ще одна розробка, ініційована користувачами і фінансована ARPA, – це зусилля університету Гавайїв щодо розвитку радіотерміналів пакетної комутації як альтернативи використанню орендованих телефонних ліній для зв'язку комп'ютерів у кількох університетських містечках. Принципи цієї розробки пізніше застосував Роберт Меткалф (який тоді працював у Дослідницькому центрі компанії Xerox у м. Пало Альто (штат Каліфорнія)) для розвитку мережі з випадковим доступом, що використовувала як середовище передачі радше кабель, ніж радіоканал. Така мережа, яку спочатку називали Алоха Альто (алоха – гавайське слово), а пізніше – Ethernet, стала стандартним підходом для систем LAN. Проте керівництво ARPA не завжди реагувало на побажання користувачів. Наприклад, керівники ARPA виступали проти розвитку протоколів вищого рівня, щоб тримати мережу під своїм контролем [2]. Отже, свій внесок у проекти здійснюють не лише їхні розробники, але й користувачі за принципом «навчання через використання».

Невдовзі після демонстрації ARPANET у 1972 р. Робертс покинув ARPA, щоб очолити Telnet – комерційний побічний продукт BBN в ARPANET. Приблизно тоді ж Роберт Кан, який організував згадану демонстрацію, був призначений на посаду менеджера програми в IPTO. Кан ініціював побічний проект на мережі Алоха Альто, щоб збудувати локальну пакетну радіомережу (packet radio network, PRNET), що пов'язує підрядників ARPA в області затоки Сан-Франциско, з метою випробування технології PRNET і підвищення комунікаційної спроможності військової автоматизованої системи управління. Кан також ініціював розробку пакетної комутації для передачі даних через INTELSAT I [1], щоб супутникова мережа пакетної комутації (satellite packet switching network, SATNET) сприяла дослідженню мереж і передачі даних сейсмічного моніторингу щодо випробування ядерної зброї СРСР [14].

Важливою метою розвитку ARPANET було сприяння поділу ресурсів. До середини 1970-х років стало очевидним, що запуск програм на віддалених сайтах відбувався зі значно меншою інтенсивністю, ніж спочатку передбачалося. Ідеальним в економічному сенсі розподілу обчислень і поділу ресурсів відповідала ситуація використання більшістю дослідників ARPA тільки центрального комп'ютера. Якби ARPANET прагнула лише до поділу ресурсів, то її мережа вважалася б радше невдачею, ніж успіхом. Проте користувачі мережі несподівано знайшли новий осередок для мережевої діяльності – електронну пошту [2].

До середини 1970-х років ARPA експлуатувало три різні мережі пакетної комутації – ARPANET, PRNET та SATNET. Операційні види Збройних сил США і багато європейських інституцій були зв'язані через ARPANET. Британська пошта і Норвезька адміністрація телекомунікацій приєднали сайти в Англії та Норвегії до сайтів SATNET у США. Розміри пакетів і швидкості передачі в цих мережах відрізнялися. На той час в області комп'ютерних наук не було досвіду з'єднання дуже різних систем, а отже, не було моделі, за якою можна було працювати. Коли Кан почав думати про шляхи розв'язання загальної проблеми поєднання гетерогенних мереж, він привів у рух те, що стало програмою Інтернет [2]. Від конструктора мережі вже вимагалося не тільки проектувати систему, що сприятиме комунікації серед множини комп'ютерів, але й міркувати про взаємодію різних мереж.

З 1973 р. Кан і Вінтон Серф (працівник Стенфорду, один із перших проектувальників хост-протоколу ARPANET) вивчали проблеми проектування системи, яка поєднує різні мережі ARPA, і готували публікацію, що окреслює архітектуру Інтернет ARPA. У цій статті вони визначили два фундаментальні питання: «Перше, якщо пакетна радіомережа забезпечує надійні зв'язки між хост-комп'ютерами, то потребує хост-протокол, який бере до уваги зашумлене середовище передачі інформації. Як виглядатиме такий хост-протокол? Друге, який тип механізму забезпечуватиме інтерфейс між такими двома відмінними мережами, як PRNET та ARPANET?» [5]. Кан надав контракт Серфу для вироблення докладних специфікацій системи, а у 1976 р. переконав Серфа перейти в ARPA програмним менеджером для мережевих проектів.

У середині 1970-х років Кан і Серф брали широку участь у конференціях і консультаціях із комп'ютерними дослідниками, працівниками таких національних мережевих проектів, як BNPL, французькі мережі Cyclades та ін. Прихильників систем Cyclades та Ethernet непокоїло те, що NCP в ARPANET не містила механізму виправлення похибок. Було вирішено, що альтернативний до NCP протокол управління передачею (Transmission Control Protocol, TCP), над яким Серф і Меткалф раніше співпрацювали, буде застосовуватися для забезпечення впорядкованого безпомилкового потоку даних від хосту до хосту.

Для відповіді на питання, як зв'язати мережі фізично, Серф і Кан запропонували створення спеціальних хост-комп'ютерів, які назвали шлюзами. Шлюз (gateway) мав з'єднуватися з двома чи більше мережами, а весь міжмережевий трафік мав іти через ці шлюзи. Проектувальники мережі також мали винайти систему хост-адрес, яка б давала змогу пакетам прямувати до конкретного хосту на конкретній мережі. Ієрархічна система адрес (система, яку ми тепер використовуємо на наших персональних комп'ютерах) сприяла поділу праці між шлюзами і локальними мережами [2].

Хоча система, яку виробили Серф, Кан та їхні колеги, задовольняла початковим специфікаціям проектування Інтернету, її критикували за надмірні функції шлюзів. Лише в 1977 р. ARPA стала здатною продемонструвати свій перший багатомережевий зв'язок. Пакети надсилалися з фургону на автостраді у Каліфорнії (на західному узбережжі США) через PRNET на шлюз ARPANET, потім – через ARPANET на шлюз SATNET на східному узбережжі США, потім – із SATNET до Європи, а потім – через ARPANET до Каліфорнії. Встановлення успішного тристороннього взаємозв'язку ARPANET, PRNET та SATNET ознаменувало початок Інтернету як діючої системи [2].

Із 1972 р., після демонстрації технічної досяжності ARPANET, ARPA почало вивчати можливість переходу керівництва ARPANET до комерційної кар'єри чи іншого урядового агентства. Однак зусилля ARPA зацікавити AT&T були безуспішними, що призвело до реорганізації AT&T. У 1975 р. було прийнято рішення передати DCA операційну відповідальність за збереження технічного і фінансового менеджменту ARPA. Доступ до ARPANET мав обмежуватися користувачами DoD й урядовими підрядниками, схваленими DCA.

DCA негайно почало переорієнтовувати мережу від досліджень до військових операцій. Це допомагало DCA долати синдром ставлення до чужих винаходів (not invented here, NIH) і пришвидшувати інновації через використання ARPANET у комп'ютеризованих автоматизованих системах управління. Крім того, порівняно з керівниками ARPA керівники DCA більше дбали про наслідки для безпеки під час несанкціонованого використання мережі, про запобігання марнотратному використанню мережі [2]. Ці питання загострилися з появою дешевих комп'ютерних систем наприкінці 1970-х років, які винайшли Стів Возняк і Стів Джобс. DCA запровадило нову систему логінів і паролів, щоб лише уповноважені термінальні IMPs (TIPs) мали доступ до мережі. Таким чином, передача DCA операційної відповідальності пришвидшувала технологічну дифузію серед військових застосувань, але на початку гальмувала таку дифузію серед цивільних застосувань.

Наприкінці 1970-х років DCA зіштовхнулося з важливим рішенням, що мало глибокий вплив на комерційний розвиток Інтернету. Рішення стосувалося майбутнього Automatic Digital Network (AUTODIN) – мережі комутації повідомлень, яку DCA розбудовувало для військового використання на початку 1960-х років. AUTODIN II, оновлена версія AUTODIN і закуплена Western Union, мала вступити в дію у 1979 р. Спочатку DCA планувало демонтувати ARPANET після вступу в дію AUTODIN II. Після глибшого аналізу DCA вирішило, що ARPANET відіграє суттєву роль для дослідницької мережі DoD, що слід продовжувати підтримку дослідницького напряму ARPANET і встановити шлюз від ARPANET до AUTODIN II. Тому для DCA виникло питання застосування TCP/IP – нового Інтернет-протоколу, який Серф і Кан розробили для ARPANET. Після глибокого опрацювання питання протоколи ARPANET TCP/IP були прийняті як спільна мова для нової Мережі оборонних даних – Defense Data Network. Після успішної перевірки Інтернет-протоколів на ARPANET ці протоколи стали обов'язковими на мережах DoD.

Після переходу ARPANET на протокол TCP/IP DCA й ARPA здійснили кілька кроків, що встановили підвалини для розвитку широкомасштабного цивільного Інтернету. Перший крок – розділити військові та наукові функції. З міркувань безпеки у 1982 р. було прийнято рішення поділити ARPANET на оборонну дослідницьку мережу (під назвою ARPANET) та операційну військову мережу (military network, MILNET), яка має бути обладнана пристроями шифрування та іншими засобами безпеки для захисту військових функцій. Другий крок – підтримати комерціалізацію Інтернет-технології. DCA заснувало фонд обсягом 20 млн. дол. для субсидій на встановлення комп'ютерними виробниками протоколу TCP/IP на машинах, які вони випускають. Усі головні комп'ютерні виробники скористалися цим фондом, і на 1990 р. TCP/IP був наявним для фактично кожного комп'ютера на ринку США [2].

Однак ARPA завершила свою операційну відповідальність за ARPANET до 1990 р. У 1984 р. NSF заснував Офіс передових наукових обчислень (Office of Advanced Scientific Computing) для організації географічно розгалуженої множини нових університетських суперкомп'ютерних центрів. Щоб зв'язати 16 таких центрів, було засновано базу (backbone) – NSFNET. Зазначена множина мала бути радше міжмережевою, ніж одномережевою. База мала зв'язуватися з регіональними і локальними мережами, які NSF допомагав розвивати раніше. Було вироблено угоду з ARPA про те, що NSFNET використовуватиме ARPANET як свою базу під час побудови нової бази NSFNET.

Висновки. Взаємозв'язок NSF – ARPA відкрив Інтернет для майже всіх університетів США [2], а також створив можливість для ARPA завершити свою операційну відповідальність за ARPANET. У 1987 р. керівники мережевої програми ARPA вирішили, що ARPANET застаріла і має відійти в минуле, а NSFNET дає новий вибір. Замість демонтажу ARPANET було вирішено зв'язати сайти ARPANET із регіональними мережами NSFNET, а також розглядати NSFNET як базу Інтернету. Після готовності бази NSFNET уся Інтернет-спільнота просто перейшла від ARPANET до NSFNET, що можна вважати інституційною інновацією. Момент списання ARPANET у лютому 1990 р. ознаменував завершення двох десятиліть роботи Інтернету виняткова на оборону і поступовий перехід роботи Інтернету на ринок [2]. Із середини до кінця 1980-х років мережі і міжмережеві системи стрімко зростали. Якщо у 1986 р. перелік конкретних мереж, систем конференц-зв'язку та їхніх взаємозв'язків займав 40 сторінок [16], то вже через чотири роки, у 1990 р., такий перелік потребував у 10 разів більшого обсягу [15].

Список використаних джерел:

1. Горбачук В.М. Торговельні засоби розвитку високотехнологічної галузі / В.М. Горбачук // Вісник Одеського національного університету. Економіка. – 2015. – Т. 20. – Вип. 1/1. – С. 162–170.
2. Abbate J. Inventing the Internet. – Cambridge, MA: MIT Press, 1999. – 272 p.
3. Anderson J.D., Jr. The airplane: a history of its technology. – Reston, VA: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2002.
4. Baran P. On distributed communications networks // IEEE transactions on communications. – 1964, July. – P. 1–9.
5. Cerf V.G., Kahn R.E. A protocol for packet network interconnection // IEEE transactions on communications. – 1974, May. – P. 637–648.
6. Cook W.H. The road to the 707: the inside story of designing the 707. – Belleview, WA: TYC Publishing. 1991. – 288 p.
7. Funding a revolution: government support for computing research. – Washington, DC: National Research Council; National Academy Press, 1999. – 302 p.
8. Hafner K., Lyon M. Where wizards stay up late: the origins of the Internet. – New York: Simon & Schuster, 1996. – 304 p.
9. Hallion R.P. Supersonic flight: breaking the sound barrier and beyond: the story of the Bell X-1 and Douglas D-558. – London: Brassey's, 1997. – 268 p.
10. Hanley P. Bringing aeronautics to America. – Cambridge, MA: MIT Press, 1982.

11. Hughes T.P. Rescuing Prometheus: four monumental projects that changed the modern world. – New York: Random House, 1998. – 372 p.
12. Jorgenson M.R. Monopoly and markets in the U.S. computer industry to 1970: IBM and U.S. government technology and antitrust policy. – Minneapolis, MN: Department of Sociology; University of Minnesota, 1996.
13. Licklider J.C.R. Man computer symbiosis // IRE transactions on human factors in electronics. – 1960. – 1. – P. 4–11.
14. Norberg A.L., O'Neill J.E. A history of the Information Techniques Office of the Defense Advanced Research Projects Agency. – Minneapolis, MN: Charles Babbage Institute; University of Minnesota, 1992.
15. Quarterman J.S. The matrix: computer networks and conferencing systems worldwide. – Bedford, MA: Digital Press, 1990. – 719 p.
16. Quarterman J.S., Haskins J.C. Notable computer networks // Communications of the ACM. – 1986. – 29. – P. 932–971.
17. Roland A. Model research: the National Advisory Committee for Aeronautics: 1915–1958. Vols. 1, 2. – Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration. 1985.
18. Roland R., Shirman P. Strategic computing: DARPA and the quest for machine intelligence, 1983–1995. – Cambridge, MA: MIT Press, 2002. – 456 p.
19. Rosenberg N. Engineering knowledge. – Palo Alto, CA: Department of Economics; Stanford University, 2001.
20. Ruttan V.W. Technology, growth, and development: an induced innovation perspective. – New York: Oxford University Press, 2001. – 672 p.
21. Ruttan V.W. Social science knowledge and economic development: an institutional design perspective. – Ann Arbor: University of Michigan Press, 2003.
22. Ruttan V.W. Is was necessary for economic growth? Military procuremnet and technology development. – New York, NY: Oxford University Press, 2006. – 219 p.
23. Usselman S.W. IBM and its imitators: organizational capabilities and the emergence of the international computer industry // Business and economic history. – 1993. – 22. – P. 1–35.
24. Vincenti W.G. What engineers know and how they know it: analytical studies from aeronautical history. – Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 1990.
25. Von der Linden F.R. The Boeing 247: the first modern airliner. – Seattle, WA: University of Washington Press, 1991. – 268 p.

Горбачук В. М.
Институт кибернетики имени В. М. Глушкова НАН Украины

ПОСТИНДУСТРИАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ ЗАКАЗОВ В РАЗВИТИИ AUTODIN, ARPANET, PRNET, NSFNET И ИНТЕРНЕТА

Резюме
Государственная функция обороны развивались в форме госзаказов на исследования и разработки. Смена государственных функций предусматривает постиндустриальную организацию. Эта организация основана на сетевых эффектах.
Ключевые слова: постиндустриальная организация, государственные заказы, Интернет.

Gorbachuk V. M.
V.M. Glushkov Institute of Cybernetics, National Academy of Sciences of Ukraine

POST-INDUSTRIAL ORGANIZATION OF GOVERNMENT PROCUREMENTS IN DEVELOPMNET OF AUTODIN, ARPANET, PRNET, NSFNET AND INTERNET

Summary
State function of defence has developed in the form of government procurements for research and development. The transition between state functions is presuming a post-industrial organization. This organization is based upon network effects.
Key words: post-industrial organization, government procurements, Internet.