

НАУКОВА СПАДЩИНА ЗАСНОВНИКА КІБЕРНЕТИКИ НОРБЕРТА ВІНЕРА

А. О. Мельник, В. А. Голембо, О. Ю. Бочкар'юв

Національний університет "Львівська політехніка",
кафедра електронних обчислювальних машин

© Мельник А. О., Голембо В. А., Бочкар'юв О. Ю., 2019

Розглянуто наукову спадщину видатного американського вченого, засновника кібернетики Норберта Вінера. Наведено його основні етапи життєвого шляху. У 2019 р. виповнюється 125 років від дня його народження і 55 років від дня його смерті. Все своє життя Норберт Вінер присвятив науковій роботі в таких видатних наукових центрах, як Гарвардський університет, Корнельський університет, Колумбійський університет, Массачусетський технологічний інститут та ін. Подано особливості наукового стилю Норберта Вінера та його ставлення до організації наукового пошуку. Проаналізовано внесок Норберта Вінера у зародження обчислювальної техніки. Наведено сформульовані Н. Вінером вимоги до обчислювальної машини, яких дотримувалися творці перших електронних обчислювальних машин. Оглянуто основні досягнення Н. Вінера, який плідно займався науковою роботою в багатьох галузях (математика, теоретична кібернетика, теорія управління, обчислювальна техніка та ін.). Одним із найбільших його досягнень є концепція та основні положення кібернетики, на якій основані майже всі сучасні галузі обчислювальної техніки та інформаційних технологій. Розглянуто наукові ідеї та гіпотези Норберта Вінера в галузі кібернетики та перспективи розвитку цих ідей у новій науково-технічній галузі – кіберфізичних систем.

Ключові слова: Норберт Вінер, кібернетика, кіберфізична система.

Життєвий шлях Норберта Вінера

У 2019 р. виповнюється 125 років від дня народження і 55 років від дня смерті видатного американського науковця, батька кібернетики Норберта Вінера (Norbert Wiener) (рис. 1, 2). Він народився в 1894 р. у місті Бостоні (штат Массачусетс, США). Після закінчення школи Н. Вінер вступив до Тафтс-коледжу (Tufts College, тепер Tufts University), поблизу Бостона, в якому у віці 14 років отримав ступінь бакалавра. Потім він продовжив навчання у Гарвардському і Корнельському університетах, у 18 років у Гарварді отримав ступінь доктора філософії. У дитинстві та юності найбільше на Вінера впливав його батько Лео Вінер – професор слов'янських мов і літератури у Гарвардському університеті. За словами Н. Вінера: "Наукою я почав займатися почасти тому, що цього хотів батько, але в такій же мірі і тому, що відчував до наукової діяльності глибоке внутрішнє покликання. З раннього дитинства навколишній світ безперестанку будив мою цікавість, і я наполегливо намагався проникнути в суть того, що бачив і чув" [1].

Після захисту Н. Вінером докторської дисертації Гарвардський університет надав йому стипендію для подорожі за кордон. Він використав її, щоб побувати у двох відомих наукових центрах: в Англії – у Кембриджі (University of Cambridge), у Німеччині – у Геттінгені (University of Göttingen). У Кембриджі головним учителем і наставником Н. Вінера був Бертран Рассел (Bertrand Russell), під керівництвом якого він вивчав математичну логіку. Вінер також відвідував лекції з вищої математики, які читав видатний англійський математик Г. Х. Харді (Godfrey Harold Hardy). За його словами, вони приносили йому “справжню насолоду”. У Геттінгені вчителями Вінера стали видатні математики Едмунд Ландау (Edmund Landau) та Давид Гільберт (David Hilbert). Надалі Н. Вінер поглиблював свої знання у Колумбійському університеті, потім знову у Гарвардському університеті як викладач-стажист, і в університеті штату Мен.



Рис. 1. Норберт Вінер
(26 листопада 1894 р. – 18 березня 1964 р.)

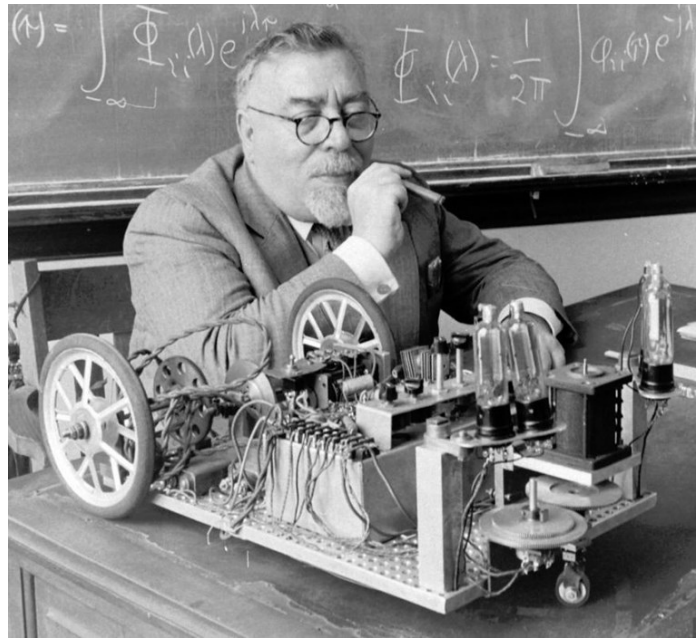


Рис. 2. Норберт Вінер в аудиторії
Массачусетського технологічного інституту

У 1919 р. Н. Вінер отримав посаду асистента кафедри математики Массачусетського технологічного інституту (Massachusetts Institute of Technology). З цим інститутом було пов'язане все його життя. Невипадково свою автобіографічну книгу “Я – математик” [1] Н. Вінер присвятив “Массачусетському технологічному інституту, якому я зобов'язаний можливістю працювати і вільно роздумувати над усім, що мене цікавить”. Між двома світовими війнами Н. Вінер працює в Массачусетському технологічному інституті (МТІ) з перервами на тривалі подорожі до Європи для участі у міжнародних математичних конгресах і спільних роботах із колегами-математиками. У 1929 р. Н. Вінер отримав у МТІ посаду асоційованого професора (associate professor), а в 1932 р. – посаду професора (full professor). У МТІ Норберт Вінер став легендарною постаттю для усіх наступних поколінь науковців та студентів інституту.

Необхідно підкреслити особливості наукового стилю Вінера, які привели його до вагомих досягнень у низці галузей математики. По-перше, фізична інтерпретація розглянутих ним математичних проблем. Надамо слово Н. Вінеру [1]: “Мої фізичні інтереси привели мене до фізичної інтерпретації завдання...”, “Але, на відміну від них, воно має чіткий фізичний зміст, що було для мене дуже спокусливою принадою”, “Я ... зрозумів, як важливо математику мати фізичну інтуїцію”. Очевидним є прагнення Вінера розкрити тісний зв'язок розвитку математики з розвитком фізики і техніки. По-друге, наукові проблеми, які розглядав Н. Вінер, були розташовані на “нічийній землі” між фізикою та математикою. Саме в таких проміжних галузях, що перебувають

на стику декількох наук, Вінер зробив свої найвагоміші відкриття. “Певне, це було пов’язано з тим, що робота такого роду найбільше відповідає якимось особливостям моєї натури” [1].

Перші кроки у створенні обчислювальних машин

Після початку Другої світової війни (США офіційно вступили у війну в грудні 1941 р.), починаючи з 1940 р., Н. Вінер став займатися проблемами, пов’язаними з військовою тематикою, зокрема застосуванням обчислювальної математики до електротехнічних проблем. “Нашим завданням було врятувати Англію від нищівних атак з повітря. Тому зенітна артилерія була одним з перших об’єктів наших наукових військових досліджень, особливо коли артилерія була з’єднана з пристроями виявлення аероплану – радаром або ультрависокочастотними хвилями Герца” [4].

Крім виявлення, літаки потрібно було збивати. Постало завдання управління вогнем зенітної артилерії. Через велику швидкість літаків виникла потреба в обчисленні машиною елементів траєкторії зенітних снарядів і доповнення самої обчислювальної машини, яка визначає цілі в режимі з упередженням, комунікативними функціями, які раніше виконували люди.

Тому в 1940 р. Вінер став приділяти багато уваги розробленню обчислювальних машин для вирішення диференціальних рівнянь у часткових похідних. У результаті сформульовано такі вимоги до обчислювальної машини [2]:

1. Центральні пристрої підсумовування та множення повинні бути цифровими, як в звичайному арифмометрі, а не ґрунтуватися на вимірах, як в диференціальному аналізаторі Буша (різновиді аналогового обчислювача).

2. Ці пристрої, які є по суті перемикачами, повинні складатися з електронних ламп, а не зубчастих передач чи електромеханічних реле. Це потрібно для того, щоб забезпечити достатню швидкодію.

3. Відповідно до принципів, що застосовуються для низки наявних машин Беллівських телефонних лабораторій, потрібно використовувати економічнішу двійкову, а не десяткову систему числення.

4. Послідовність дій потрібно планувати самою машиною так, щоб людина не втручалася в процес вирішення завдання з моменту введення вхідних даних до знімання кінцевих результатів. Всі логічні операції, необхідні для цього, повинна виконувати сама машина.

5. Машина повинна містити пристрій для зберігання даних. Цей пристрій повинен швидко їх записувати, надійно зберігати до моменту стирання, швидко зчитувати, швидко стирати їх і негайно готуватися до зберігання нових даних.

Ці рекомендації, разом з пропозиціями щодо їх реалізації, спрямовано доктору Венніверу Бушу (Vannevar Bush) – керівнику програми створення обчислювальних машин для можливого застосування в разі війни. Їх написано не пізніше початку 40-х років ХХ ст., покладено в основу сучасної надшвидкої обчислювальної машини.

Однак Н. Вінер не обмежується цими тезами. Він вміє виокремлювати фундаментальні проблеми. Наведемо слова самого Вінера: “Якби мені довелося вибирати в анналах історії наук святого – покровителя кібернетики, то я вибрав би Лейбніца. Філософія Лейбніца концентрується навколо двох основних ідей, тісно пов’язаних між собою: ідеї універсальної символіки та ідеї логічного числення. З цих двох ідей виникли сучасний математичний аналіз і сучасна символічна логіка. І як в арифметичному вимірі було закладено можливість розвитку його механізації від абака і арифмометра до сучасних надшвидкодійних обчислювальних машин, так в calculus ratiocinator (в численні умовиводів) Лейбніца міститься в зародку machina ratiocatrix (думаюча машина)” [2].

Основні досягнення та широке визнання

Норберт Вінер плідно працював у науці багато років і залишив велику наукову спадщину в різних галузях (математика, теоретична кібернетика, теорія управління, обчислювальна техніка та ін.). До 1948 р. Н. Вінер був відомий обмеженому колу фахівців своїми вагомими здобутками у розв’язанні таких математичних проблем, як:

- перетворення Фур’є в комплексній області;

- гармонічний аналіз випадкових функцій;
- генерування нерегулярних кривих зі статистично заданим ступенем нерегулярності;
- нелінійні задачі в теорії випадкових процесів;
- інтеграл Фур'є і деякі його застосування;
- теорія броунівського руху;
- теорія турбулентності, теорія випадкових процесів, теорія хаосу;
- екстраполяція, інтерполяція і згладжування стаціонарних часових рядів (з інженерними застосуваннями);
- задача про ймовірнісний розрахунок процесів, що містять хаотичні коливання.

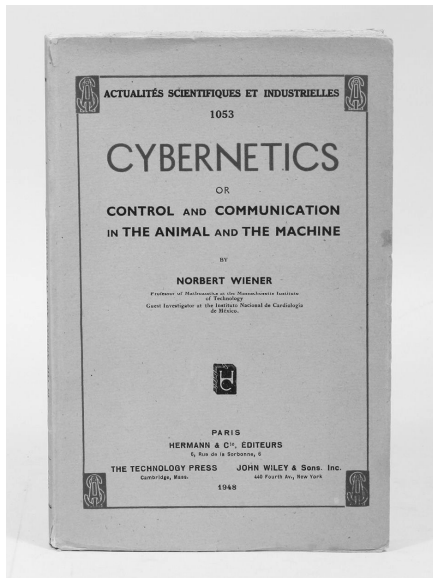


Рис. 3. Обкладинка першого видання “Кібернетики”, 1948 р. [2]

Ім'я Вінера стало широко відоме у всьому світі після появи його книги “Кібернетика” [2] (рис. 3) у 1948 р., яка вирішально вплинула на формування кібернетики як самостійної науки, що розглядає з єдиних позицій питання, які раніше належали до математики, техніки та біології. Сам термін “кібернетика” з'явився тільки влітку 1947 р. Надалі Вінер розвивав ідеї кібернетики у своїх нових книгах [3–6].

Вінер чітко розумів, що “саме такі граничні області науки відкривають перед належно підготовленим дослідником багатющі можливості. Але вивчення цих областей представляє і найбільші труднощі для звичайного методу масового наступу з поділом праці” [2]. Науковий пошук Н. Вінера та його колег заклав основи сучасної обчислювальної техніки та інформаційних технологій, зокрема було визначено низку основних понять та термінів у цих галузях, якими ми користуємось до сьогодні. Нижче

наведено уривок з [2], в якому Н. Вінер розповідає про появу науково-технічних термінів “пам'ять”, “зворотний зв'язок” та “біт” інформації.

“Мені вдалося зібрати групу нейрофізіологів, інженерів-зв'язківців і фахівців з обчислювальної техніки на неофіційний семінар в Принстоні. З'ясувалося, що представники кожної з цих професій були дуже раді познайомитися з роботами своїх колег і скористатися новою для себе термінологією. В результаті фахівці в цих різних областях дуже швидко почали говорити на одній мові, словник якого містив терміни, запозичені і у інженерів-зв'язківців, і у фахівців з автоматичного регулювання, і у нейрофізіологів.

Наприклад, ... слово “пам'ять” (яке широко застосовується в нейрофізіології і психології) добре підходить для того, щоб пояснити різноманітні методи зберігання інформації, що розглядаються в різних областях науки і техніки. Всі погодилися також, що термін “зворотний зв'язок”, що вперше з'явився в електротехніці і був підхоплений фахівцями з автоматичного регулювання, правильно описує багато явищ не тільки в машинах, а й в живих організмах. Нарешті, всі були згодні вимірювати кількість інформації числом відповідей типу “так” чи “ні”, і врешті-решт зупинилися на терміні “двійкова одиниця” або “біт” для позначення цієї одиниці кількості інформації. Я вважаю, що зустріч в Принстоні дала життя новій науці – кібернетиці – теорії управління і зв'язку в машинах і живих організмах” [2].

Наукові ідеї Норберта Вінера в галузі кібернетики

Н. Вінер висловив декілька фундаментальних тез, деякі з яких (1, 2, 3, 4) свідчать про його впевненість в їх реалізації, а в деяких (5) Вінер закликає до обережного використання кібернетичних підходів. Наведемо ці тези.

1. Фактично можливо переслати людську істоту телеграфом. "... труднощі, що виникають при цьому, набагато перевищують мої здібності подолати їх ...". Вінер з гумором зауважує, що не збирається вносити ще більше сум'яття в роботу залізниць, закликаючи Американську телеграфну і телефонну компанію бути їх новим конкурентом.

Сьогодні, а можливо і протягом всього існування людського роду, ця ідея може виявитися практично нездійсненою, але це не означає, що через це її неможливо втілити. Навіть абсолютно не торкаючись труднощів практичної реалізації і використання цієї ідеї у разі з людиною, її, безумовно, можна здійснити для організмів та машин меншого рівня складності, ніж людина.

2. Машини цілком здатні створювати інші машини за своїм образом і подобою, або інакше кажучи, існують методи, які дають змогу машинам відтворювати самих себе. Істотно, що можливе відтворення і видимого ("зовнішнього"), і функціонального ("внутрішнього") образів машини.

Тобто крім зображень, що передають видимий образ об'єкта, можемо взяти до уваги і його функціональний образ. Завдяки цьому незалежно від "зовнішньої" подібності відтвореної машини до оригіналу, відтворена машина може замінити оригінал в його дії, і це буде набагато глибшою подібністю.

3. Міркування про те, що живі істоти породжують собі подібних і що існує можливість відтворення машин, – все це судження одного порядку, що спричиняють таке саме емоційне збудження, яке свого часу зумовила теорія Дарвіна про еволюцію і походження людини. Якщо порівняння людини з мавпою заторкувало наше самолюбство, і тепер вже подолано таке упереджене ставлення, то ще більшою образою для людини сьогодні вважають її порівняння з машиною. Кожна нова думка в свій бік спричиняє деяку частку того осуду, який зумовлював у середні віки гріх чаклунства.

4. Вінер підкреслює "більш важливе значення передачі інформації в порівнянні з просто фізичним транспортуванням" [4]. Він стверджує, що "немає абсолютної відмінності між типами передачі, які ми можемо використовувати для пересилання телеграми з країни в країну, і типами передачі, які принаймні теоретично, можливі для передачі живих організмів, подібних людині" [4].

5. "З самого початку своїх досліджень в галузі кібернетики я чітко розумів, що принципи управління і зв'язку, що застосовуються, як мені вдалося встановити, в техніці і фізіології, можуть також бути застосовані у соціології та економіці... Суспільні науки представляють собою випробувальне середовище, малопридатне для апробації ідей кібернетики, набагато гірше, ніж біологічні науки, де дані можуть бути отримані при більш однорідних умовах і в притаманному їм масштабі часу. Це пояснюється тим, що людина, як фізіологічна система, на відміну від суспільства в цілому, дуже мало змінилась з часів кам'яного віку. І життя індивіда протягом багатьох років протікає в фізіологічних умовах, що піддаються вкрай повільним змінам, які до того ж можна передбачити заздалегідь. Це аж ніяк не означає, що ідеї кібернетики непридатні для соціології та економіки. Це скоріше означає, що перш ніж застосовувати ці ідеї в настільки аморфному середовищі, вони повинні бути випробувані в техніці і біології. Беручи до уваги зазначені застереження, можна вважати, що широко використовувана аналогія між державною системою і людським організмом виправдана і корисна" [6].

Підкреслимо, що вже на початку розвитку кібернетики Н. Вінер обговорює проблеми систем, що самонавчаються, самовідтворюються, самоорганізуються та саморозповсюджуються. В роботі [3] Вінер розглядає самоорганізацію у системі, в якій велике значення мають нелінійні явища. Вінер вивчає ритмічні (повторювані) процеси в живих організмах, використовуючи методи електроенцефалографії. Вінер встановив, що реакція нелінійних систем на випадковий вплив дає нам ключ до здатності фізіологічних процесів організовуватися в певну синергетичну діяльність. Поняття самоорганізації добре відоме в біології. У [3] Вінер зазначає: "Для мене найцікавіший аспект систем, що самоорганізуються, пов'язаний з системами, які організуються в ритм". Він розглядає проблему залучення клітин в узгоджені дії й електротехнічну систему, що складається з багатьох генераторів

змінного струму, в якій виявляється прихований регулятор, розподілений по всій системі. Істотно, що цей регулятор не може бути локалізований у жодній окремій частині цієї системи.

У роботі [3] Вінер розглянув два взаємопов'язаних, на його думку, питання: чи можуть створені людиною машини навчатися і чи можуть вони відтворювати самих себе. Простішим із цих двох процесів є навчання, і саме тут технічний розвиток пішов найдалі. Вінер доволі оптимістично розглядає можливість машини навчатися.

Проблему самовідтворення машин Вінер розглядає з позицій реалізації машин, що самі розповсюджуються, розуміючи під цим не просто створення матеріальної копії, але і створення копії, здатної до тих самих функцій. Підтверджуючи можливість самовідтворення машин (див. тезу 2), Вінер не сумнівається в можливості створення машин, що саморозповсюджуються.

Вінер неодноразово висловлювався на користь колективних досліджень, особливо в такій галузі науки як кібернетика: "... вивчення ... білих плям на карті науки може здійснюватись лише колективом вчених, кожен з яких, будучи фахівцем у своїй галузі, повинен бути, однак, ґрунтовно знайомий з областями науки своїх колег. При цьому необхідно, щоб всі звикли працювати спільно, знаючи склад розуму іншого, оцінюючи значення нових ідей колеги, перш ніж ці ідеї будуть точно сформульовані" [2]. Так, основні досягнення в галузі кібернетики отримано за участі Артуро Розенблюта (Arturo Rosenblueth) – нейрофізіолога, який в ті роки працював в Національному інституті кардіології в м. Мехіко (Мексика) та якому Вінер присвятив свою книгу "Кібернетика" [2]. Вінер виділяє роботу Маккалоха (Warren McCulloch) і Піттса (Walter Pitts), які розробили теорію, що об'єднує анатомію і фізіологію зорової ділянки кори головного мозку, практично реалізовану в апараті, що дає можливість сліпому сприймати друкований текст на слух. Вінер також ініціює роботи, пов'язані з протезуванням загублених або паралізованих кінцівок.

Важливо підкреслити, що Вінер був далекий від ейфорії, що виникла в світі після створення його дітища – кібернетики та її молодшого брата – штучного інтелекту. Вінер був одним із небагатьох, хто ще в 1960 р. висловлював занепокоєння з приводу результатів, до яких може привести створення штучного інтелекту (вивчення штучного інтелекту як нову галузь науки сформовано в 1956 р.): "Якщо для досягнення власних цілей ми використовуємо якійсь механічний пристрій, на діяльність якого після його запуску вже не в змозі вплинути, оскільки його дії настільки швидкі і незворотні, що інформація про необхідність втручання у нас з'являється лише тоді, коли ці дії завершуються, то в таких випадках добре бути повністю впевненим, що закладена нами в машину мета дійсно відповідає нашим дійсним бажанням, а не є барвистою імітацією" [5].

Майбутнє кібернетики – кіберфізичні системи

Кібернетика стала фундаментом низки перспективних наукових напрямів. Розповімо лише про один із них – кіберфізичні системи (cyber-physical systems), з якими понад п'ять років пов'язана наукова діяльність кафедри електронних обчислювальних машин Національного університету "Львівська політехніка" (Нац. ун-т "Львівська політехніка"). Під кіберфізичною системою розуміють поєднання процесів фізичного світу та кібернетичних засобів, які організують виконання вимірювань чи спостереження за цими процесами, збір та передачу даних, опрацювання даних, їх захищене зберігання та обмін, прийняття рішень, організацію та здійснення впливів на ці процеси [7–9]. У складі кіберфізичної системи поєднано сучасні комп'ютерні технології, технології цифрового зв'язку, інформаційно-вимірювальні технології, технології захисту інформації та технології штучного інтелекту, що відкриває нові можливості для розвитку та втілення у життя наукових ідей Норберта Вінера. У 2015–2017 роках на кафедрі успішно виконано науково-дослідний проект "Інтеграція методів і засобів вимірювання, автоматизації, опрацювання та захисту інформації в базисі кіберфізичних систем" (шифр ДБ/КІБЕР, реєстраційний № 0115U000446).

З 2018 року кафедра електронних обчислювальних машин Нац. ун-ту "Львівська політехніка" готує бакалаврів та магістрів зі спеціалізації "Кіберфізичні системи" (спеціальність "Комп'ютерна інженерія"), навчальні плани якої містять такі дисципліни, як "Проектування комп'ютерних засобів

обробки сигналів і зображень”, “Проектування засобів обробки даних в кіберфізичних системах”, “Дослідження і проектування вбудованих комп’ютерних систем”, “Дослідження і проектування мережних засобів кіберфізичних систем”, “Технології машинного навчання в кіберфізичних системах”, “Проектування засобів мобільних та хмарних обчислень в кіберфізичних системах”, “Проектування засобів інтернету речей” та ін.

З 2016 року на базі кафедри електронних обчислювальних машин Нац. ун-ту “Львівська політехніка” видають англomовний науковий журнал “Advances in Cyber-Physical Systems” [10] (два номери на рік), присвячений питанням дослідження та розроблення кіберфізичних систем. У 2019 році науковим колективом кафедри ЕОМ підготовлено та опубліковано дві монографії [11, 12], присвячені проблемам багаторівневої організації кіберфізичних систем, їх проектування та використання в їх роботі технологій штучного інтелекту, зокрема машинного навчання.

Список літератури

1. Norbert Wiener. *I am a Mathematician*, Garden City, N.Y., 1956. 380 p.
2. Norbert Wiener. *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, Paris – Cambridge, Mass., 1948. 194 p.
3. Norbert Wiener. *New chapters of cybernetics*, Moscow, Soviet radio, 1963. 63 p. (in Russian).
4. Norbert Wiener. *Cybernetics and society*, Moscow, Publishing house of foreign literature, 1958. 200 p. (in Russian).
5. Wiener Norbert. *Some Moral and Technical Consequences of Automation // Science*, 1960, 131 (3410), p. 1355–1358.
6. Norbert Wiener. *God & Golem, Inc.*, MIT Press, 1964. 99 p.
7. Melnyk A. *Cyber-physical systems: problems of creation and directions of development*, *Transactions on Computer systems and networks*, Lviv Polytechnic National University Press, No. 806, 2014. pp. 154–161 (in Ukrainian).
8. Melnyk A. *Integration of the levels of the cyber-physical system*, *Transactions on Computer systems and networks*, Lviv Polytechnic National University Press, No. 830, 2015. pp. 61–67 (in Ukrainian).
9. Anatoliy Melnyk. *Cyber-physical systems multilayer platform and research framework*, *Advances in Cyber-Physical Systems*, 2016, Volume 1, Number 1. pp. 1–6.
10. Anatoliy Melnyk. *A foreword from the Editor*, *Advances in Cyber-Physical Systems*, 2016, Volume 1, Number 1.
11. *Cyber-physical systems: multilevel organization and design / A. A. Melnyk, V. A. Golemba, V. S. Glukhov, A. M. Salo, ed. A. O. Melnyk*. Lviv: Magnolia 2006, 2019. 237 p. (in Ukrainian).
12. *Cyber-physical systems: data collection technologies / O. Yu. Botchkaryov, V. A. Golemba, Y. S. Paramud, V. O. Yatsyuk, ed. A. O. Melnyk*. Lviv: Magnolia 2006, 2019. 176 p. (in Ukrainian).

THE SCIENTIFIC HERITAGE OF NORBERT WIENER, THE FOUNDER OF CYBERNETICS

A. Melnyk, V. Golemba, A. Botchkaryov

Lviv Polytechnic National University,
Computer Engineering Department

© Melnyk A., Golemba V., Botchkaryov A., 2019

The scientific heritage of the outstanding American scientist, the founder of cybernetics Norbert Wiener is considered in the article. The basic stages of the life path of Norbert Wiener are given. In 2019, 125 years will be celebrated since his birth and 55 years since his death. All his life, Norbert Wiener has

devoted himself to scientific work at such prominent scientific centers as Harvard University, Cornell University, Columbia University, Massachusetts Institute of Technology, and other. The features of Norbert Wiener's scientific style and his position about the organization of scientific search are considered. The contribution of Norbert Wiener to the origin of computer technology, which in his time was making its first steps, is analyzed. The requirements to the computing machine, formulated by N. Wiener, on which the creators of the first electronic computers were based are given. The main achievements of N. Wiener, which has been fruitfully engaged in scientific work in many fields (mathematics, theoretical cybernetics, control theory, computer engineering, etc.) are considered. One of his greatest achievements is the concept and basic principles of cybernetics, from which almost all modern branches of computer technology and information technology came out. The scientific ideas and hypotheses of Norbert Wiener in the field of cybernetics and prospects of development of these ideas in the new scientific and technical field – cyber-physical systems are described.

Key words: Norbert Wiener, cybernetics, cyber-physical system.