

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Радіотехнічний факультет

РТПСАС **2020** ***RTPSAS***

Міжнародна науково-технічна конференція
РАДІОТЕХНІЧНІ ПОЛЯ, СИГНАЛИ, АПАРАТИ ТА СИСТЕМИ

Матеріали конференції
16 – 22 листопада 2020
Київ, Україна

International
Scientific and Technical Conference
RADIOENGINEERING FIELDS, SIGNALS, DEVICES AND SYSTEMS

Conference Proceeding
November 16– 22, 2020
Kyiv, Ukraine

Київ — 2020

УДК 621
ISSN 2311-4169
ISSN 2311-4177

Міжнародна науково-технічна конференція «Радіотехнічні поля, сигнали, апарати та системи». Київ, 16 – 22 листопада 2020 р.: матеріали конференції — Київ, 2020. — 200 с.

До збірника матеріалів конференції включено тези представлених доповідей, в яких наведені результати досліджень в радіотехнічній та суміжних галузях, за тематикою напрямків роботи секцій: теоретична радіотехніка. Радіотехнічні системи та мікрохвильова техніка. Теорія та практика радіовимірювань. Електроніка, нанотехнології, біомедичні системи, радіовимірювання.

Збірник призначений для науковців та спеціалістів, працюючих в галузі теоретичних досліджень та практичного використання методів і засобів радіотехніки. Збірник буде корисним викладачам, аспірантам та студентам радіотехнічних, телекомунікаційних, радіоелектронних, радіофізичних факультетів вищих навчальних закладів.

Програмний комітет конференції

Антипенко Р. В., к.т.н., доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна — голова програмного комітету;

Члени програмного комітету

Бондаренко Ю	PhD, Сіетл, США
Бойко Р.	інж., Ханчжоу Huawei Telecommunications Communications Co. Ltd., Китай
Кураєв О. О.	д.ф.-м.н., проф., Білоруський держ. ун-т інформатики і рад.-ел., Білорусь
Достал Томаш	проф., Прага, Чеська республіка
Дубровка Ф. Ф.	д.т.н., проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Дубровка Р. Ф.	PhD, Лондонський ун-т королеви Мері, Великобританія
Жук С. Я.	д.т.н., проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Іхсан Дждіжєк	Asst. Prof. Dept. of Electrical-Electronics Engineering Istinye University, Стамбул, Туреччина
Зінковський Ю. Ф.	д.т.н., проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Калюжний О. Я	д.ф.-м.н., проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Карташов В. М.	д.т.н., проф., Харківський нац. ун-т., Україна
Кичак В. М.	д.т.н., проф., Вінницький нац. техн. ун-т, Україна
Мартинюк В. В.	д.т.н., проф., Хмельницький нац. ун-т, Україна
Мозильний С. Б.	к.т.н., доц., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Найденко В. І.	д.ф.-м.н., проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Нелін Є. А.	д.т.н., проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна
Прокопенко І. Г.	д.т.н., проф., Нац. авіаційний ун-т, Україна
Прудіус І. Н.	д.т.н., проф., Нац. ун-т України «Львівська політехніка», Україна
Райда Збінек	проф., Брно, Чеська республіка
Солошенко Н. В.	інж. з польових застосувань, Würth Elektronik GmbH & Co. KG, Німеччина
Цвеліх І. С.	к.т.н., інженер Huawei Technologies Infineon Technologies AG, Мюнхен, Німеччина
Чміль В. М.	к.т.н., гол. правл., ПАТ "Науково-виробниче підприємство "Сатурн", Україна
Шайко-Шайковський О. Г.	проф., ЧНУ ім. Юрія Федьковича, Україна
Яненко О. П.	д.т.н., проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського, Україна

Організаційний комітет конференції

Мартинюк С. Є. — к.т.н., доц., голова організаційного комітету;

Члени організаційного комітету:

Лашевська Н. О., Захарченко О. С., Сушко І. О., Головня В. М.

Розроблення та супроводження сайту конференції: Захарченко О. С.

Адреса оргкомітету: Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2100, радіотехнічний факультет, корп. 17, кім. 300, пр-т Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. **Тел.** (+38044) 362-98-51. **e-mail:** rtpsas@kpi.ua **Сайт:** <http://rtpsas.rtf.kpi.ua>

Рекомендовано до друку рішенням програмного комітету конференції та вченої ради радіотехнічного факультету КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 11/2020 від 30.11.2020 р.)

UDK 621
ISSN 2311-4169
ISSN 2311-4177

International scientific and technical conference «Radioengineering fields, signals, apparatus and systems». Kyiv, March, 19 – 25, 2018: conference proceedings — Kyiv: 2018. — 284 p.

Collection of the conference materials include theses of reports in which the results of research in radio and related fields, according to the section subjects: theoretical radio engineering, radio engineering systems and microwave technique, IT and telecommunication systems, electronics, nanotechnologies, biomedical electronic systems, radio measurements.

Collection of is designed for a wide range of scientists and specialists, working in the field of theoretical research and practical application of methods and means of radioengineering. The collection will be useful to teachers, graduate students and students of radioengineering, telecommunication, electronic, radio-physical faculties of higher educational institutions.

Conference Program Committee:

Antypenko R. V., Cand. Of Sci (Techn.), prof., Igor Sikorsky KPI, Ukraine — Chairman of Program Committee

Program Committee Members:

Bondarenko Y. PhD, Seattle, USA
Boyko R. Engineer B, Huawei Technologies / Hangzhou Huawei Telecommunications Communications Co. Ltd., Hangzhou, China
Dubrovka F. F. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Igor Sikorsky KPI, Ukraine
Dubrovka R. F. PhD, Queen Mary University of London, London, Great Britain
Zbynek Raida Professor, Brno, Czech Republic
Zinkovsky Y. F. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Igor Sikorsky KPI, Ukraine
Zhuk S. Y. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Igor Sikorsky KPI, Ukraine
Ihsan Cicek PhD, Asst. Prof. Dept. of Electrical-Electronics Engineering Istinye University, Istanbul Turkey
Kalyuzhnyi O. Ya. Doc. Of Sci (Physics-Math.), prof., Igor Sikorsky KPI, Ukraine
Kartashov V. M. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Kharkiv National Univ. of Radio Electronics, Ukraine
Kryzhanivsky V. G. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Donetsk National University, Ukraine
Kychak V. M. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Vinnytsia National Techn. Univ., Ukraine
Kuraev O. O. Doc. Of Sci (Physics-Math.), prof., Minsk, Belarus
Manoylov V. P. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Zhytomyr National Univ. of Technology, Ukraine
Martyniuk V. V. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Khmelnytskyi National Univ., Ukraine
Mogylnyi S. B. Cand. Of Sci (Techn.), Assoc. Prof., Igor Sikorsky KPI, Ukraine
Naidenko V. I. Doc. Of Sci (Physics-Math.), prof., Igor Sikorsky KPI, Ukraine
Nelin Ye. A. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Igor Sikorsky KPI, Ukraine
Pravda V. I. Cand. Of Sci (Techn.), prof., Igor Sikorsky KPI, Ukraine
Prokopenko I. H. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Nat. aviation Univ., Ukraine
Prudius I. N. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Nat. Univ. of Ukraine «Lviv Polytechnic», Ukraine
Chmil V. M. Cand. Of Sci (Techn.), NVP «Saturn», Ukraine
Soloshenko N. V. Field Applications Engineer, Würth Elektronik GmbH & Co. KG, Germany
Shaiko-Shaikovskyi O. H. prof., Yurii Fedkovych Cher. Nat. Univ., Ukraine
Tomash Dostal Professor, Prague, Czech Republic
Tsvelyh I. S. PhD, Infineon Technologies AG, Munich, Germany
Yanenko O. P. Doc. Of Sci (Techn.), prof., Igor Sikorsky KPI, Ukraine

Organize Committee conference:

Martyniuk S. — Chairman of the Organizing Committee;

Organize Committee Members:

Lashchevska N., Zakharchenko O., Sushko I., Holovnia V.

Produce and technical support of the conference site: O. Zakharchenko

Organize Committee address: 2100, radioengineering department. National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute», Peremogy Str., 37, Kyiv, 03056, Ukraine.

Tel. (+38044)454-94-23. **E-mail:** rtpsas@kpi.ua **Site:** <http://rtpsas.rtf.kpi.ua>

It is recommended to seal by the decision of the programme committee and Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute Radioengineering Department Scientific Council (Record № 11/2020 of 30.11.2020).

Єзерський. Н. В., Мовчанюк А. В. Вибір частотного діапазону та оптимізація каналу зв'язку земля-наносупутник	96
Загорулько І. В., Шульга А. В. Багатофункціональний пристрій для ванної кімнати	99
Маленчик Т. В., Неуймін О. С. Огляд методів виявлення точкових цілей на послідовностях зображень	102
Пелешок Є. В., Гоненко С. В. Процедура повторного використання радіочастотного ресурсу	105
Прогонов Д. О. Ефективність стегааналізу цифрових зображень у випадку попередньої фільтрації стеганограм, сформованих згідно адаптивних методів MG та MIPOD	108
Сафаров О. О., Мінькова Я. В. Особливості крипто-кодових засобів захисту даних для хмарного середовища розробки	111
Слюсар В. І., Перепеліцин С. О. Аналіз топології багаторангових мереж на основі торцевого добутку матриць	114
Соколов К. А. Особливості обробки інформації в панорамних системах відеоспостереження за безпілотними літальними апаратами	117
Тітков Д. В., Лазебний В. С., Пілінський В. В. Моделювання електромагнітної обстановки на основі платформи EMS-CUBE.INFO	120
Фриз С. П., Кальватинський О. В., Авсієвич Р. О. Спосіб підвищення рівня обізнаності про оперативну обстановку у виключній (морській) економічній зоні	123
Ходнев Т. А., Лисенко О. М. Протокол передачі відеопотоку реального часу з безпосередньою інкапсуляцією в кадри Ethernet	126

АНАЛІЗ ТОПОЛОГІЇ БАГАТОРАНГОВИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ТОРЦЕВОГО ДОБУТКУ МАТРИЦЬ

Слюсар В.І.¹, д.т.н., професор; Перепелицин С.О.²

¹Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України; ²ТОВ "Institute of Netcentric", Київ, Україна

Як відомо, для аналізу тактичних мереж зв'язку можуть бути використані математичні моделі у вигляді графів, що являють собою сукупність вершин (вузлів мережі зв'язку) і з'єднувальних ребер (ліній зв'язку). Класичний апарат теорії графів [1] дозволяє охопити багато аспектів розподілу навантаження при розв'язку завдань маршрутизації в мережі. Прикладом тому є використання матриць інцидентності й матриць суміжності в комбінації із традиційним матричними операціями [1].

Разом з тим, в останні роки додатковий імпульс розвитку теорії графів надали дослідження в області штучного інтелекту й обробки природньої мови. Зокрема, в [2] для аналізу тексту поряд з матрицею інцидентності задіяно торцевий добуток матриць інцидентності, запропонований в 1996 р. Слюсарем В.І. [3, 4]. Даний приклад свідчить про можливість застосування торцевого добутку матриць і для аналізу топології графа мультирангової мережі в теорії зв'язку.

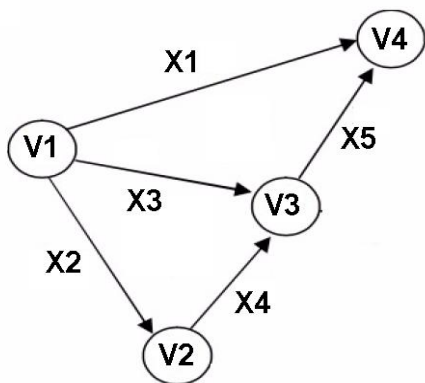


Рис. 1. Граф фрагмента тактичної мережі зв'язку

Розглянемо варіант відповідного використання вказаної матричної операції для випадку аналізу фрагмента мобільного компонента перспективної системи зв'язку, представленої на рис. 1 вершинами 1 - 4. Складемо для цього фрагмента так звану матрицю інцидентності. Її рядки будуть відповідати вершинам графа топології мережі, а стовпці - його ребрам. При цьому ненульове значення елемента матриці вказує на зв'язок між вершиною й ребром (їх інцидентність).

Для наведеного на рис. 1 фрагмента мережі вказана матриця інцидентності має запис:

$$G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (1)$$

Як видно, кожна з вершин $V_1 - V_4$ контактує з ребрами графа $X_1 - X_5$ не більше одного разу, тоді як усі ребра з'єднують по дві вершини, оскільки кожний стовпець матриці (1) містить пари одиниць.

Для аналізу парних комбінацій елементів графа на рис. 1 відправним пунктом має стати матриця інцидентності, що сформована з вихідної матриці G за допомогою торцевого добутку матриць [3, 4]:

$$G_2 = G \square G,$$

де \square – символ торцевого добутку матриць (зводиться до кронекерівського множення рядка лівої матриці на рядок правої [3, 4]). Для розглянутого випадку одержимо:

$$G_2 = G \square G = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \square \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} =$$

$$= \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

Для пояснення змісту елементів отриманої матриці, яку будемо йменувати вторинною матрицею інцидентності, звернемося до табличної форми подання даних (див. табл. 1).

Таблиця 1

№ вершини	Комбінації ребер																													
	X_1					X_2					X_3					X_4					X_5									
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5					
V_1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_2	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V_3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
V_4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1

Отже, рядок табл. 1, а відповідно й вторинної матриці інцидентності, показує у цьому випадку, скільки раз та або інша пара ребер зустрічається у конкретній вершині графа. При цьому за парою, утвореною дублюванням того самого ребра ($X_m X_m$, $m = 1; 2; 3; 4$), можна судити про те, скільки раз таке ребро включене у різні вершини. По-іншому результат можна трактувати як кількість вершин, що зустрічаються на маршруті, утвореному конкретною комбінацією пар ребер.

Можливий також варіант формування вторинної матриці інцидентності за допомогою торцевого добутку на основі транспонованої матриці G^T . У цьому випадку можна аналізувати статистику зустрічності пари вершин за допомогою тих або інших ребер. Зазначена альтернативна версія матриці інцидентності має вигляд:

$$T = G^T \square G^T. \quad (3)$$

Її елементи представлені у табл. 2, у якій рядки відповідають ребрам, а стовпці – вершинам.

Таблиця 2

№ ребра	V ₁				V ₂				V ₃				V ₄			
	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄
X ₁	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
X ₂	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
X ₃	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
X ₄	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
X ₅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1

З табл. 2 легко одержати повне уявлення про те, якими ребрами з'єднана конкретна пара вершин. Нульовий стовпець означає відсутність ребра, що з'єднує конкретні вершини, наприклад, цей випадок має місце у відношенні другої і четвертої вершин (V₂V₄, V₄V₂). При цьому пара, що утворена дублюванням однієї й тієї ж вершини (V_mV_m), дозволяє судити про те, скільки ребер підключено до цієї вершини.

Таким чином, використання торцевого добутку матриць дозволяє розширити можливості аналізу топології тактичної мережі, автоматизувати окремі його етапи за рахунок формування матриць інцидентності другого й більш високих порядків. При цьому у порівнянні з використанням кронекерівського добутку матриць торцевий добуток дозволяє скоротити обсяги обчислювальних витрат і спростити вимоги до засобів зберігання даних. Особливо це важливо для мультирангових мереж, чия топологія описується графами з великою кількістю вершин і ребер.

Перелік посилань

1. Ф. Харари. Теория графов. М.: Мир, 1973, 300 с.
2. Bryan Bischof. Higher order co-occurrence tensors for hypergraphs via face-splitting. Published 15 February, 2020, Mathematics, Computer Science, - <https://arxiv.org/abs/2002.06285> ArXiv.
3. Слюсар В.И. Торцевые произведения матриц в радиолокационных приложениях// Изв-я высших учебн. Завед.. Радиоэлектроника.- 1998. - Том 41, № 3.- С. 71 - 75.
4. Слюсар В.И. Семейство торцевых произведений матриц и его свойства// Кибернетика и системный анализ. – 1999.- Том 35; № 3.- С. 379-384.- DOI: 10.1007/BF02733426

Анотація

Запропоновано удосконалений метод аналізу мультирангових мереж зв'язку на основі теорії графів, який відрізняється формуванням торцевих добутків матриць інцидентності.

Ключові слова: мультирангова мережа, торцевий добуток матриць, матриці інцидентності.

Abstract

The improved method for the analysis of multi-rank communication networks based on graph theory is proposed, which differs in the formation of face-splitting products of incidence matrices.

Keywords: multi-rank communication network, face-splitting products, incidence matrices.

АЛФАВІТНИЙ ПОКАЖЧИК АВТОРІВ

Ahmad Al Khas	65, 69	Гонсьор О. Й.	93
Bulashenko A. V.	28, 35	Готра З. Ю.	136
Chaiun M.	32	Данилець М. О.	159
Gnatyuk M.	32	Демченко С. О.	162
Hlukhov V. S.	72	Дудко О. Г.	190
Ihsan Cicek	65, 69	Єзерський. Н. В.	96
Kalinichenko Ye. I.	28	Жук С. Я.	87
Kushnir H. S.	35	Загорулько І. В.	99
Malyshko A.	32	Зінгер Я. Л.	187
Morozov V.	32	Зіньковський Ю. Ф.	42, 130, 151, 154, 165
Nguyen Thi Hong Yen	75	Івах М. С.	139, 169
Piltyay S.I.	28, 35	Кальватинський О. В.	123
Vo Duy Phuc	78	Касапов Е. В.	39
Абрамович А. О.	81	Кінзерська О. В.	181
Авдєєнко Г. Л.	12	Кремер І. П.	139
Авсієвич Р. О.	123	Критська Т. В.	142
Адам'як О. А.	169	Кубай В. С.	42
Арсенюк Д. О.	130	Кучмій Г. Л.	169
Артеменко М. Ю.	133	Лазебний В. С.	120
Балахонова Н. О.	84	Лисенко О. М.	126
Барило Г. І.	136, 139	Ліпатов В. П.	39
Барило Н. Г.	169	Лісовець С. М.	172
Биткін С. В.	142	Любов Д. В.	178
Білов М. Є.	190	Маленчик Т. В.	102
Богомолів М. Ф.	145, 148, 159	Марков В. І.	39
Бойко Ю. М.	49	Мельник Т. Й.	46
Бурковський Я. Ю.	151	Микитюк З. М.,	139
Верига А. Д.	24	Мінькова Я. В.	111
Вірченко Л. А.	193	Мовчанюк А. В.	52, 96, 184
Вістак М. В.	24	Нелін Є. А.	175
Вісьтак М. В.	139	Непочатих Ю. В.	175
Войтко А. С.	84	Неуймін О. С.	102
Воловик А. Ю.	15, 18	Нікітчук А. В.	21
Гельжинський І. І.	136	Орець Є. А.	145
Герасименко А. О.	87	Остапенко Д. А.	39
Головін В. А.	90	Пелешок Є. В.	105
Головня В. М.	154, 165	Перебудов С. М.	193
Голяка Р. Л.	136	Перепеліцин С. О.	114
Гоненко С. В.	105		

Петров Д. О.	133
Піддубний В. О.	81
Пілінський В. В.	120
Політанський Л. Ф.	181
Політанський Р. Л.	24
Попсуй В. І.	175
Прогонов Д. О.	108
Пятін І. С.	49
Сафаров О. О.	111
Семенов О. В.	178
Середін А. П.	52
Слюсар В. І.	114
Слюсар В. І.	55
Слюсарь І. І.	55
Сльотов М. М.	181
Сльотов О. М.	181
Соколов К. А.	117
Стешенко В. Д.	184
Сушко О. Ю.	46, 58
Тітков Д. В.	120
Троц А. А.	148
Трубчанінова К. А.	61
Фриз С. П.	123
Ходнєв Т. А.	126
Цветков В. І.	187
Циганчук Т. Г.	58
Шайко-Шайковський О. Г.	190
Шульга А. В.	99
Яненко О. П.	193

Підп. до друку _____ р. Формат 60x84 1/16. Комп'ютерна верстка В. М. Головня.
Папір офс. Computer Modern
Спосіб друку — ризографічний. Ум. друк. арк. _____. Обл.-вид. арк. _____. Наклад ____ пр.
Зам. № _____

Національний технічний університет України
Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського.,
Видавництво Політехніка.
Свідоцтво ДК № 1665 від 28.01.2004 р.
03056, Київ, вул. Політехнічна, 14, корп. 15
тел. (044) 204-81-78.