

**Київський національний університет імені Тараса Шевченка**

**Економічний факультет**

**Кафедра економічної кібернетики**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**Застосування економетричних методів для прогнозування обсягів  
імпорту та експорту хімічної продукції України**

студентки 4 курсу

спеціальності 051 «Економіка»

ОПП «Економічна кібернетика»

денної форми навчання

**Франчук Анни Олександрівни**

Науковий керівник:

кандидат економічних наук, асистент

**Наумова Марія Олександрівна**

Засвідчую, що в цій роботі немає запозичень із праць інших авторів без  
відповідних посилань

Студентка \_\_\_\_\_

Роботу допущено до захисту перед ЕК  
рішенням кафедри економічної кібернетики  
від 12 червня 2025 р.,  
протокол № 15

**Завідувач кафедри:**

доктор економічних наук, професор

Ляшенко Олена Ігорівна \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

**Кваліфікаційна робота бакалавра містить:** 89 ст., 22 рис., 7 табл., 30 джерел.

**Ключові слова:** хімічна продукція, зовнішньоекономічна діяльність, експорт, імпорт, економетричне моделювання, прогнозування, кластеризація, SWOT-аналіз, PESTEL-аналіз, Python.

**Об'єкт дослідження:** зовнішня торгівля хімічною продукцією України.

**Мета дослідження:** виявлення тенденцій, проблем і закономірностей у зовнішньоекономічній діяльності хімічної галузі України та побудова моделей прогнозування експорту, імпорту й обсягу реалізації хімічної продукції.

**Методи дослідження:**

- Аналіз динаміки зовнішньої торгівлі;
- SWOT- та PESTEL-аналіз галузі;
- Кластеризація методом k-середніх;
- Економіко-математичні методи прогнозування (ковзне середнє, експоненційне згладжування, метод Холта-Вінтерса);
- Економетричне моделювання (регресійний аналіз);
- Обчислення показника похибки RMSPE;
- Візуалізація та обробка даних за допомогою Python (бібліотеки pandas, matplotlib, seaborn, statsmodels, sklearn).

**Наукова новизна, теоретична значимість дослідження:** дослідження поглиблює розуміння процесів формування зовнішньої торгівлі хімічною продукцією України, пропонує новий підхід до класифікації країн-партнерів за допомогою кластерного аналізу та демонструє ефективність комбінованого використання економетричних та прогнозних моделей для аналізу зовнішньоторговельної активності.

**Практична цінність:** результати можуть бути використані урядовими структурами, аналітичними центрами, експортно-орієнтованими

підприємствами для прогнозування обсягів торгівлі, оцінки ефективності ЗЕД та формування стратегій розвитку. Модель оцінки впливу макроекономічних факторів може слугувати інструментом для обґрунтованого прийняття рішень.

## RESUME

Taras Shevchenko National University of Kyiv,  
Faculty of Economics, Department of Economic Cybernetics

**Key words:** chemical products, foreign trade, export, import, econometric modeling, forecasting, clustering, SWOT analysis, PESTEL analysis, Python.

**The bachelor's thesis by student Anna Franchuk focuses on** the comprehensive analysis and modeling of Ukraine's foreign trade in chemical products from 2004 to 2024. The research examines export and import trends, identifies strategic problems and trade barriers, and evaluates external and internal factors affecting the chemical sector.

The work applies SWOT and PESTEL analysis to assess the industry context and uses the k-means clustering algorithm to group trade partners by export volumes. It further implements econometric models to quantify the impact of macroeconomic indicators on domestic sales, and forecasting techniques such as Holt-Winters, exponential smoothing, and moving average to project future trade dynamics. The accuracy of predictions was assessed using the RMSPE metric.

This study is valuable for economic researchers, policymakers, trade analysts, and industry stakeholders interested in data-driven trade diagnostics and the application of econometric tools for decision-making in international chemical markets.

**Pages:** 89, **tables:** 7, **bibliography:** 30.

## Зміст

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ІМПОРТУ ТА ЕКСПОРТУ ХІМІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	10
1.1. Роль зовнішньої торгівлі в економіці України .....	10
1.2. Особливості хімічної галузі: класифікація, структура, тенденції розвитку .....	12
1.3. Основні учасники ринку хімічної продукції.....	22
1.4. Динаміка експорту та імпорту хімічної продукції України з 2004 по 2024 рік .....	25
1.5. Проблеми та бар'єри у зовнішньоекономічній діяльності хімічних підприємств України .....	31
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ТОРГІВЛІ ХІМІЧНОЮ ПРОДУКЦІЄЮ УКРАЇНИ.....	34
2.1. Сутність SWOT-аналізу та його роль в оцінці торговельного потенціалу .....	34
2.2. Методологія PESTEL-аналізу як інструменту оцінки макросередовища .....	36
2.3. Теоретичні основи та алгоритм методу k-середніх.....	39
2.4. Інструментарій моделювання змін: плинне середнє, експоненційне згладжування та метод Холта-Вінтерса .....	42
РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ІМПОРТУ ТА ЕКСПОРТУ ХІМІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ .....	47
3.1. PESTEL-аналіз середовища функціонування хімічного експорту та імпорту.....	47
3.2. SWOT-аналіз хімічної промисловості України у контексті зовнішньої торгівлі.....	52
3.3. Кластеризація країн за обсягами експорту хімічної продукції метод k-середніх.....	56
3.4. Моделювання показників експорту та імпорту методами ковзного середнього, Холта-Вінтерса та експоненційного згладжування.....	61
3.5. Економетричне моделювання впливу макроекономічних факторів на обсяг реалізації хімічної продукції .....	67
ВИСНОВКИ .....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82
ДОДАТКИ .....	86

## ВСТУП

У сучасних умовах глобалізації світових ринків, зовнішньоекономічна діяльність виступає ключовим чинником економічного розвитку національної економіки. Особливої ваги набуває дослідження динаміки зовнішньої торгівлі продукцією з високою доданою вартістю, зокрема хімічної продукції, яка посідає важливе місце в структурі експорту та імпорту України. Актуальність теми обумовлена необхідністю удосконалення методологічних підходів до аналізу й прогнозування зовнішньоторговельних потоків у хімічній галузі з метою підвищення конкурентоспроможності національної продукції та формування ефективної експортної політики.

Незважаючи на значну кількість досліджень, присвячених аналізу торговельного балансу та зовнішньоекономічних відносин України, питання застосування економетричних методів для прогнозування експортно-імпортних операцій саме у хімічній промисловості залишаються недостатньо розробленими. У науковій літературі простежується обмежена кількість прикладних досліджень із залученням сучасного інструментарію машинного навчання, кластерного аналізу та кількісних моделей для аналізу специфіки хімічного експорту. Порівняльний аналіз вітчизняних і зарубіжних підходів свідчить про наявність значного потенціалу для вдосконалення моделей прогнозування з урахуванням особливостей функціонування національного ринку.

Об'єктом дослідження є зовнішньоекономічна діяльність хімічної промисловості України.

Предметом дослідження виступають економетричні методи аналізу та прогнозування імпорту й експорту хімічної продукції, а також їхнє прикладне застосування для оцінки зовнішньоторговельної ефективності галузі.

Метою дослідження є розробка та апробація економетричної моделі, що дозволяє кількісно оцінити вплив окремих економічних факторів на обсяг

імпорту та експорту хімічної продукції України, а також побудувати прогнози щодо майбутньої динаміки цих показників.

Для досягнення поставленої мети у роботі необхідно вирішити такі завдання:

- проаналізувати сучасні наукові підходи до оцінки зовнішньоекономічної діяльності у хімічній галузі;
- здійснити критичний огляд літератури та визначити прогалини в дослідженнях;
- охарактеризувати динаміку експорту та імпорту хімічної продукції України за останні 20 років;
- відібрати релевантні економічні змінні, що потенційно впливають на зовнішньоторговельні обсяги;
- побудувати економетричну модель залежності обсягів експорту/імпорту від визначених факторів;
- здійснити статистичне тестування моделі (тест Стьюдента, Фішера, RESET, Вальда, тест Голдфельда-Квандта, Бройша-Годфрі);
- провести прогнозування на основі розробленої моделі;
- запропонувати практичні рекомендації для вдосконалення зовнішньоекономічної політики України в контексті хімічної промисловості.

Методи дослідження включають: економіко-статистичний аналіз, економетричне моделювання (МНК), кореляційний та регресійний аналіз, кластеризацію (k-середніх), а також методи прогнозування (експоненціальне згладжування, метод Холта-Вінтерса). Для обробки даних використано програмне забезпечення Python (бібліотеки pandas, statsmodels, sklearn, matplotlib) та Microsoft Excel.

Наукова новизна роботи полягає у побудові комплексної економетричної моделі прогнозування зовнішньоторговельної динаміки хімічної продукції України на основі інтеграції макроекономічних, цінових та валютних факторів. Удосконалено методику використання кластерного аналізу для сегментації

країн-торговельних партнерів. Отримані результати дозволяють краще адаптувати торговельну стратегію до специфіки кожного сегмента.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання побудованої моделі органами державної влади та аналітичними центрами для оцінки ефективності експортної політики, а також при прийнятті рішень щодо зовнішньоекономічного регулювання в хімічній промисловості.

Інформаційною базою дослідження стали офіційні статистичні дані Державної служби статистики України, сайту Держмитслужби, НБУ, Світового банку, бази даних UN Comtrade, а також аналітичні звіти міжнародних організацій (OECD, ITC, WTO), наукові публікації українських та зарубіжних дослідників.

Структура кваліфікаційної роботи магістра охоплює вступ, три тематичні розділи, висновки, список використаних джерел та додатки.

У першому розділі розглянуто теоретичні засади дослідження зовнішньої торгівлі хімічною продукцією, зокрема визначено роль зовнішньоекономічної діяльності в економіці України, охарактеризовано особливості хімічної галузі, класифікацію її продукції, основних учасників ринку, динаміку експорту та імпорту з 2004 по 2024 рік, а також проаналізовано основні проблеми й бар'єри, з якими стикаються українські хімічні підприємства на зовнішніх ринках.

Другий розділ присвячено методичним підходам до аналізу та прогнозування зовнішньої торгівлі хімічною продукцією. У ньому розкрито методологію SWOT- і PESTEL-аналізів для оцінки внутрішніх та зовнішніх факторів розвитку галузі, детально описано алгоритм методу кластеризації k-середніх, а також представлено інструменти часових рядів – плинне середнє, експоненційне згладжування та модель Холта-Вінтерса – як базу для прогнозування торговельних показників.

У третьому розділі безпосередньо реалізовано застосування зазначених методів до практичного аналізу: проведено SWOT- і PESTEL-аналіз хімічної галузі України, здійснено кластеризацію країн за обсягами експорту хімічної продукції, побудовано прогностичні моделі експорту та імпорту з

використанням методів згладжування, а також розроблено економетричну модель, що дозволяє оцінити вплив макроекономічних факторів на обсяг реалізації хімічної продукції.

Такий підхід забезпечує логічну послідовність дослідження, дозволяє поєднати теоретичну базу з практичним аналізом і сприяє формуванню обґрунтованих висновків та пропозицій щодо покращення зовнішньоекономічної діяльності хімічних підприємств України.

# РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ІМПОРТУ ТА ЕКСПОРТУ ХІМІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

## 1.1. Роль зовнішньої торгівлі в економіці України

Зовнішня торгівля відіграє ключову роль в економіці України, забезпечуючи її інтеграцію у світову економічну систему, сприяючи економічному зростанню, структурній трансформації та підвищенню конкурентоспроможності. Вона є джерелом валютних надходжень, дозволяє розширювати ринки збуту для українських товарів і послуг, залучати іноземні інвестиції, впроваджувати новітні технології та створювати додаткові робочі місця. Через експорт продукції підприємства можуть нарощувати виробництво, модернізувати обладнання, підвищувати ефективність. У свою чергу, імпорт дозволяє заповнювати дефіцит товарів і ресурсів, які не виробляються в Україні або є нерентабельними для внутрішнього виробництва. Для України, яка має значний аграрний, сировинний і транзитний потенціал, зовнішня торгівля є одним із головних драйверів економіки. Так, за даними Держстату, у 2024 році обсяги експорту товарів склали 41733116.1 тисяч доларів США, а головними статтями експорту були продукти аграрного сектору (зерно, олія, кукурудза), метали та руди. [1]

Основними торговельними партнерами України залишаються країни ЄС, зокрема Польща, Німеччина, Італія, а також Китай і Туреччина. Водночас повномасштабна війна, розв'язана Росією у 2022 році, суттєво змінила географію та логістику зовнішньої торгівлі, зменшивши обсяги експорту та імпорту через блокаду портів, знищення інфраструктури та втрату промислових потужностей на сході країни. Проте навіть в умовах війни Україна зуміла переорієнтувати частину експорту на західні сухопутні маршрути, укласти нові торговельні угоди, продовжити участь у глобальних ланцюгах доданої вартості.

Прикладом є збереження експорту зернових за «зерною ініціативою» ООН і Туреччини, яка дозволяла частково відновити постачання української агропродукції до Африки та Азії. [2]

Важливим чинником посилення ролі зовнішньої торгівлі стала Угода про асоціацію між Україною та ЄС, зокрема Поглиблена та всеохоплююча зона вільної торгівлі (ПВЗВТ), яка відкрила ринок ЄС для українських товарів та стимулювала адаптацію стандартів виробництва до європейських норм. У результаті частка ЄС у зовнішньоторговельному обороті України зросла до понад 40%. Зовнішня торгівля також впливає на платіжний баланс, курс національної валюти, рівень інфляції та макроекономічну стабільність. [3]

В умовах обмеженого внутрішнього попиту вона часто стає єдиним джерелом зростання ВВП. Водночас надмірна залежність від експорту сировини робить економіку вразливою до коливань світових цін, а енергетична залежність від імпорту викликає загрози енергетичній безпеці. Тому актуальними залишаються питання диверсифікації експорту, розвитку високотехнологічних галузей, створення національного логістичного хабу та переходу від сировинної до інноваційної моделі зовнішньої торгівлі.

Таким чином, зовнішня торгівля є визначальним чинником розвитку економіки України, який потребує стратегічного управління, адаптації до нових геополітичних реалій і використання сучасних інструментів підтримки експортерів для забезпечення сталого зростання.

## 1.2. Особливості хімічної галузі: класифікація, структура, тенденції розвитку

Хімічна галузь є однією з провідних і багатогалузевих галузей промисловості, яка відіграє надзвичайно важливу роль у розвитку національної економіки, забезпечуючи інші виробничі сфери сировиною, напівфабрикатами і готовою продукцією. Основною особливістю хімічної промисловості є її здатність трансформувати сировину - природного або синтетичного походження - у широкий спектр речовин з новими фізико-хімічними властивостями, які мають високу споживчу цінність. Однією з ключових особливостей галузі є її тісний взаємозв'язок із суміжними секторами: агропромисловим комплексом (через виробництво добрив та засобів захисту рослин), будівництвом (через виробництво лакофарбових матеріалів, пластмас, будівельних сумішей), машинобудуванням (через мастила, гуми, полімери), легкою промисловістю (через синтетичні волокна) та медициною (через фармацевтичні препарати). [5]

Хімічна промисловість є надзвичайно різноманітною за видами продукції, технологічними процесами, рівнем складності виробництва та сферою використання кінцевих продуктів. Для кращого розуміння і систематизації галузі її класифікують за кількома ознаками: за видами продукції, за кінцевими споживачами та за рівнем технологічної складності виробництва.

### За видами продукції

Цей підхід є найпоширенішим і дозволяє виділити основні підгалузі хімічної промисловості залежно від типу хімічних речовин, які вона виробляє.

- **Основна (неорганічна) хімія** - спеціалізується на виробництві неорганічних сполук, які є сировиною для інших виробництв. До них належать сірчана та азотна кислоти, аміак, сода, натрій гідроксид (луг), хлор, гіпохлорит, мінеральні добрива (азотні, фосфорні, калійні). Ці речовини використовуються в аграрному секторі, металургії, целюлозно-паперовій промисловості, водоочищенні, медицині. Основна хімія є фундаментом для подальших хімічних перетворень у галузі.

- **Органічна хімія** - охоплює виробництво органічних сполук на основі вуглеводневої сировини (нафта, природний газ, вугілля). Найбільш поширеними продуктами є бензол, етилен, пропілен, формальдегід, ацетон, а також похідні - пластмаси, синтетичні каучуки, барвники, розчинники. Основними напрямками є нафтохімія (синтез на основі нафти та газу) та нафтопереробка. Продукція органічної хімії широко використовується в автомобільній, текстильній, електронній, будівельній промисловості.
- **Хімія високомолекулярних сполук (полімерна хімія)** - спеціалізується на синтезі макромолекулярних сполук - полімерів. Найвідоміші з них: поліетилен, полівінілхлорид (ПВХ), поліпропілен, нейлон, поліестер. Вони є основою для виробництва пластмас, синтетичних волокон, гум, плівок, упаковки, будівельних і декоративних матеріалів. Окремим напрямом є виробництво лакофарбових матеріалів, які містять полімери, смоли, пігменти.
- **Мікробіологічна хімія** - поєднує хімічні та біотехнологічні методи для отримання продуктів з використанням мікроорганізмів. Вона виробляє ферменти, амінокислоти, вітаміни, біостимулятори, антибіотики, органічні кислоти (наприклад, лимонна кислота). Така продукція застосовується в харчовій, медичній, текстильній промисловості, а також у сільському господарстві (наприклад, біопестициди).
- **Фармацевтична хімія** - займається створенням, синтезом, аналізом і масовим виробництвом лікарських препаратів. У її межах розробляються активні фармацевтичні інгредієнти (API), наповнювачі, стабілізатори, а також біотехнологічні препарати (наприклад, інсулін, гормони, вакцини). Вона є надзвичайно високотехнологічною та регламентованою галуззю, оскільки вимагає відповідності міжнародним стандартам GMP (Good Manufacturing Practice).

## За споживачами продукції

Цей підхід дозволяє розуміти, для яких галузей або кінцевих користувачів виготовляється хімічна продукція.

- **Виробництво для промисловості** - продукція такого типу застосовується як сировина або допоміжні речовини у виробничих циклах інших галузей. Наприклад, каталізatori для нафтопереробки, реагенти для гальваніки, мастила, клеї, смоли для деревообробки, технічні розчинники, спеціальні добавки для цементу або металургії. Вона часто не потрапляє до кінцевого споживача, але забезпечує стабільну роботу інших секторів економіки.
- **Виробництво для сільського господарства** - охоплює створення добрив (азотних, фосфорних, комплексних), пестицидів (гербіциди, фунгіциди, інсектициди), регуляторів росту, засобів для обробки ґрунтів і рослин. Така продукція відіграє важливу роль у підвищенні врожайності та боротьбі зі шкідниками, хворобами культур.
- **Виробництво для побутового споживання** - включає продукцію, яка безпосередньо потрапляє до рук кінцевого споживача: миючі та чистячі засоби, пральні порошки, косметика, парфумерія, засоби особистої гігієни, засоби для догляду за будинком, а також побутова хімія для сантехніки, скла, підлог. Така продукція є масовою, має високу частоту споживання та залежить від маркетингу, бренду і якості.

## За рівнем технологічної складності

Ця класифікація враховує рівень наукової складності, капіталоемність, інноваційність і потребу в висококваліфікованому персоналі.

- **Високотехнологічні виробництва** - це сучасні виробничі комплекси, які ґрунтуються на передових досягненнях науки: нанохімія (створення матеріалів з унікальними властивостями на нано-рівні), біохімія (синтез на основі ферментативних і клітинних технологій), хімічна інженерія (комп'ютерне моделювання

процесів), фармацевтична розробка. Вони потребують великих інвестицій, мають високий рівень автоматизації, контролю якості та безпеки. Такі підприємства часто інтегровані у міжнародні інноваційні ланцюги.

- **Традиційні виробництва** - це виробництва з довгою історією, які базуються на відомих і сталих технологічних процесах. Прикладами є виробництво сірчаної кислоти методом контакту, синтез аміаку за методом Габера-Боша, виробництво соди за методом Сольве. Вони є масовими, стабільними за обсягами виробництва, але часто мають вищу енерго- та ресурсозатратність порівняно з сучасними аналогами, тому вимагають модернізації та екологізації.

Хімічна промисловість є складною багаторівневою системою, до якої входять взаємопов'язані підгалузі. Вони формують логічний ланцюг від видобутку природної сировини до виготовлення кінцевої продукції, що використовується в інших галузях або безпосередньо населенням. Основними підгалузями хімічної промисловості є: гірнична хімія, основна хімія, хімія органічного синтезу, лісохімія, коксохімія, фармацевтика та біохімія.

Гірнична хімія виконує початкову функцію у структурі хімічної промисловості - забезпечення галузі природною мінеральною сировиною. Вона включає видобуток і первинну обробку хімічної сировини, такої як:

- **Фосфорити** - природні мінерали, що містять фосфор, необхідний для виробництва фосфорних добрив. Видобуток здійснюється відкритим способом із подальшим збагаченням.
- **Сірка** - використовується у виробництві сірчаної кислоти - одного з найважливіших технічних реагентів у промисловості.
- **Калійні та кам'яні солі** - сировина для виготовлення калійних добрив, а також кухонної солі, соди, хлору.
- **Сирі руди та солончаки** - джерело йоду, бромю, магнію, бору.

Ця підгалузь є тісно пов'язаною з гірничою промисловістю, але її продукція призначена переважно для подальшої хімічної переробки. Вона забезпечує основу для всього подальшого виробничого ланцюга.

Основна хімія, або неорганічна хімія, охоплює виробництво базових хімічних речовин з неорганічної сировини. Її продукція є сировиною для інших хімічних і промислових процесів. Основні напрями:

- **Азотна промисловість** - виробництво аміаку та азотної кислоти шляхом синтезу з азоту повітря й водню (зазвичай з природного газу). На їх основі виготовляють азотні добрива (сечовина, селітра).
- **Содові виробництва** - виготовлення кальцинованої соди ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) за методом Сольве. Сода потрібна у скляній, хімічній, мийній промисловості.
- **Виробництво кислот** - сірчана, азотна, фосфорна кислоти є базовими реагентами, що застосовуються в добривній промисловості, металургії, виробництві вибухових речовин.
- **Хлор і луги** - шляхом електролізу кухонної солі отримують хлор і натрій гідроксид (каустична сода), що використовуються у синтетичній хімії, водоочищенні, побутовій хімії.
- **Виробництво мінеральних добрив** - включає комплексні добрива (нітрофоска, аммофос), що забезпечують сільське господарство необхідними поживними речовинами.

Ця підгалузь є "хребтом" хімічної промисловості, оскільки її продукти потрібні майже в кожній сфері - від сільського господарства до військової справи.

Хімія органічного синтезу охоплює виробництво органічних сполук із вуглеводневої сировини - нафти, природного газу, вугілля. Вона включає кілька ключових напрямів:

- **Нафтопереробка** - технологічна переробка сирової нафти для отримання палив (бензин, дизель, мазут), а також нафтових фракцій, які використовуються в хімії для подальшого синтезу.

- **Нафтохімія** - виробництво базових органічних мономерів: етилену, пропілену, бензолу, толуолу. Вони є основою для синтезу пластмас, синтетичних волокон, каучуків, миючих засобів.
- **Полімерна хімія** - синтез полімерів (поліетилен, поліпропілен, ПВХ, поліестери), з яких виготовляють плівки, упаковку, труби, будівельні матеріали, побутові вироби.
- **Виробництво синтетичних волокон** - нейлон, поліестер, акрил використовуються в текстильній промисловості як замітники натуральних волокон.
- **Синтетичні каучуки** - бутилкаучук, стирол-бутадієновий каучук, які застосовуються у шинній промисловості, будівництві, медицині.

Ця галузь надзвичайно динамічна та інноваційна, з високим рівнем доданої вартості, і вона відіграє ключову роль у виробництві матеріалів майбутнього.

Лісохімія та коксохімія зосереджені на переробці природних вуглецевих джерел - деревини та кам'яного вугілля.

- **Лісохімія** - займається термічною або хімічною обробкою деревини для отримання продуктів, таких як деревне вугілля, каніфоль, скипидар, оцтова кислота, деревна смола, целюлоза. Продукти лісохімії використовуються у фармацевтиці, косметичці, виробництві лаків, клеїв, у паперовій промисловості.
- **Коксохімія** - переробка кам'яного вугілля шляхом сухої перегонки (коксування). Основним продуктом є металургійний кокс для доменного виробництва. Побічні продукти - кам'яновугільна смола, бензол, аміак, фенол, які потім використовуються в органічному синтезі.

Ці галузі мають глибоку історію і є прикладом комплексного використання природних ресурсів з мінімальними відходами.

Фармацевтика та біохімія - частина хімічної промисловості поєднує органічний синтез, біотехнології та мікробіологію для створення продуктів медичного і біологічного призначення.

- **Фармацевтика** - розробка і виробництво лікарських засобів: антибіотиків, анальгетиків, гормональних препаратів, вакцин, антисептиків. Вона охоплює всі етапи - від лабораторного синтезу молекули до масштабного виробництва препарату та контролю якості.
- **Біохімія** - включає створення продуктів на основі ферментів, бактерій, клітин. Це, зокрема, ферментні препарати для медицини й харчової промисловості, пробіотики, БАДи, біопрепарати для сільського господарства.
- **Біотехнології** - застосовуються для отримання інсуліну, інтерферону, факторів згортання крові, моноклональних антитіл.

У ХХІ столітті хімічна промисловість зазнає глибоких трансформацій під впливом технологічного прогресу, посилення екологічних вимог, змін у структурі споживання, цифровізації виробництва та глобальних викликів. Нижче розглянуто основні тенденції розвитку хімічної галузі.

### **Зростання ролі «зеленої хімії»**

Зелена хімія (Green Chemistry) - це філософія та науковий напрям, що спрямовані на створення процесів і продуктів, які мінімізують утворення небезпечних речовин на всіх етапах життєвого циклу - від синтезу до утилізації. Основні прояви цієї тенденції:

- **Зменшення обсягів токсичних викидів** - розробка хімічних процесів, які не потребують небезпечних реагентів (наприклад, використання води як розчинника замість органічних летких сполук).
- **Каталіз замість стехіометрії** - застосування каталізаторів для зменшення енергоспоживання та кількості відходів.
- **Заміна токсичних речовин на безпечні альтернативи** - наприклад, створення безхлорних миючих засобів, фарб без розчинників.
- **Процеси замкненого циклу** - повторне використання побічних продуктів і технологічних відходів.

- **Екологічна сертифікація та Life Cycle Assessment (оцінка життєвого циклу)** - оцінювання впливу продукції на довкілля ще на етапі проектування.

Ця тенденція спричинена глобальним тиском на екологічну безпеку, вимогами законодавства (REACH у ЄС, EPA у США), а також попитом на «зелені» продукти з боку споживачів.

### **Використання альтернативної сировини**

Світова хімічна промисловість активно шукає заміну традиційній нафтовій та газовій сировині, адже її запаси обмежені, а видобуток часто супроводжується значним екологічним навантаженням. Нові джерела сировини включають:

- **Біомаса** - рослинна сировина (солома, деревина, цукрові буряки, кукурудза), що використовується для отримання біоетанолу, біопластиків, біокомпонентів фармацевтичних препаратів.
- **Біопаливо другого покоління** - з відходів сільського господарства чи промисловості (напр., біодизель з олій після смаження, біогаз із силосу).
- **Біорозкладні полімери** - полілактид (PLA), полігідроксибутирати (PHB), що використовуються для виготовлення упаковки, посуду, медичних виробів.
- **Вторинна сировина** - переробка відходів пластмас (рециркуляція ПЕТ-пляшок, поліетилену) для повторного використання.

Це дозволяє не лише знизити залежність від викопної сировини, а й зменшити вуглецевий слід продукції, покращити імідж компаній, відповідати принципам циркулярної економіки.

### **Цифровізація та автоматизація**

Індустрія 4.0 докорінно змінює виробничі процеси в хімічній галузі. Використання цифрових технологій дозволяє підвищити ефективність, гнучкість, безпеку та стійкість виробництва. Основні елементи цифрової трансформації:

- **Інтернет речей (IoT)** - сенсори на виробничому обладнанні забезпечують постійний моніторинг параметрів (температура, тиск, концентрації), що дає змогу своєчасно реагувати на зміни.
- **Big Data і аналітика** - обробка великих масивів технологічної інформації допомагає виявляти закономірності, оптимізувати процеси, зменшити витрати.
- **Штучний інтелект та машинне навчання** - автоматизований вибір параметрів реакцій, передбачення аварій, контроль якості в реальному часі.
- **Цифрові двійники (Digital Twins)** - віртуальні моделі виробництва, що дають змогу симулювати вплив змін, проводити навчання персоналу та модернізацію без втручання в реальні процеси.
- **Автоматизовані системи керування технологічними процесами (АСУТП)** - управління виробництвом із центрального пульта, мінімізація людського фактора.

Це дає змогу підвищити конкурентоспроможність, скоротити простої, зменшити енергоспоживання й аварійність.

### **Розвиток нанотехнологій**

Нанохімія - один із найперспективніших напрямів, що відкриває нові горизонти для створення матеріалів із принципово новими властивостями. Тенденції включають:

- **Синтез наночастинок** - метали, оксиди, вуглецеві наноматеріали (нанотрубки, графен), які застосовуються у фармацевтиці, медицині, косметології, лакофарбовій промисловості.
- **Нанокompозити** - матеріали з унікальною міцністю, електропровідністю, термостійкістю (напр., броня, авіаційні покриття, мембрани).
- **Нанофармацевтика** - доставка ліків за допомогою нанокапсул безпосередньо до уражених клітин (таргетна терапія).

- **Сенсори та детектори на нанорівні** - для моніторингу складу повітря, води, контролю якості продукції.

Нанотехнології інтегруються з біохімією, медициною, енергетикою, що робить їх ключовим фактором інновацій у хімічній промисловості.

### **Глобалізація ринків**

Хімічна галузь є частиною глобальної економіки, і її розвиток дедалі більше залежить від інтеграції у світові виробничі та логістичні ланцюги. Основні аспекти цієї тенденції:

- **Розширення міжнародної кооперації** - співпраця компаній з різних країн у науково-дослідних, виробничих та інвестиційних проектах.
- **Зростання експорту** - особливо продукції з високою доданою вартістю: фармацевтики, спеціальних полімерів, біоактивних речовин.
- **Уніфікація стандартів якості** - перехід до міжнародних сертифікацій (ISO, GMP, REACH) для спрощення торгівлі.
- **Локалізація виробництва** - побудова виробничих потужностей ближче до ринків збуту для скорочення логістичних витрат та адаптації до локальних умов.
- **Залежність від глобальних цін і логістичних ланцюгів** - кризи (на кшталт COVID-19 або блокад Суецького каналу) значно впливають на доступність сировини та готової продукції.

Ця тенденція стимулює країни до модернізації, диверсифікації експорту, розвитку високотехнологічного хімічного виробництва.

### 1.3. Основні учасники ринку хімічної продукції

Основними учасниками ринку хімічної продукції в Україні є підприємства, що спеціалізуються на виробництві мінеральних добрив, неорганічних та органічних сполук.

Серед них виділяються ПрАТ «АЗОТ» (м. Черкаси), ПрАТ «РІВНЕАЗОТ» (м. Рівне) та АТ «ДНІПРОАЗОТ» (м. Кам'янське). Кожне з цих підприємств займає провідні позиції у своїй сфері та відіграє важливу роль в економіці України.

**ПрАТ «АЗОТ»** - один із найбільших хімічних заводів в Україні, що спеціалізується на виробництві азотних мінеральних добрив. Підприємство входить до хімічної групи OSTCHEM, яка є частиною Group DF. Основна продукція заводу - аміак, аміачна вода, аміачна селітра, карбамід, карбамідно - аміачна суміш (КАС), а також технічні гази. «АЗОТ» є ключовим постачальником продукції для аграрного сектору України, забезпечуючи добривами як великі агрохолдинги, так і дрібні фермерські господарства. Завод також активно експортує добрива до країн Європи, Азії та Північної Африки. Підприємство має потужну виробничу базу, високий рівень автоматизації процесів, власну логістичну інфраструктуру та проводить модернізацію обладнання для зниження енергоспоживання та екологічного навантаження.

**ПрАТ «РІВНЕАЗОТ»** - ще один флагман української хімічної промисловості, який також входить до групи OSTCHEM. Завод спеціалізується на випуску широкої лінійки неорганічної хімічної продукції, зокрема аміачної селітри, КАСу, карбаміду, азотної кислоти, технічного кисню та інших хімікатів. Розташування підприємства в західному регіоні України забезпечує йому зручне транспортне сполучення з європейськими ринками. Виробничі потужності дозволяють оперативно адаптуватися до коливань попиту, а гнучка логістика забезпечує своєчасне постачання добрив аграріям. Підприємство активно займається модернізацією цехів, запроваджує екологічні стандарти та інвестує в енергоефективність. Обидва заводи - і черкаський, і рівненський - є важливими

елементами національної продовольчої безпеки, адже забезпечують українських аграріїв добривами, необхідними для стабільного врожаю.

АТ «ДНПРОАЗОТ» - не лише виробник азотних добрив, а й єдиний в Україні завод, який випускає рідкий хлор, що використовується для дезінфекції питної води в централізованих системах водопостачання. Підприємство також виготовляє каустичну соду, соляну кислоту, гіпохлорит натрію, азотну кислоту, водень, аміак та аміачну селітру. Його роль у хімічній галузі України багатогранна: з одного боку, це стратегічний об'єкт для забезпечення життєдіяльності населення (через водоочистку), а з іншого - важливий постачальник хімічної сировини для металургії, нафтопереробної промисловості та агросектору. За обсягом внутрішнього ринку «ДНПРОАЗОТ» займає близько 10-12%, проте його значення набагато ширше через критичну важливість продукції, яка не має аналогів в Україні. У сфері експорту підприємство орієнтується на ринки Східної Європи (Польща, Болгарія, Угорщина), Кавказу (Грузія, Азербайджан), країн Центральної Азії (Казахстан, Узбекистан), а також частково на Близький Схід. В умовах енергетичної кризи та зростання вартості природного газу підприємство неодноразово зупиняло виробництво, однак зберегло ключові виробничі потужності та має перспективи модернізації для переходу на більш енергоефективні технології. [4]

Усі три підприємства є ключовими гравцями хімічної промисловості України, кожне з яких виконує важливу функцію в національній економіці. «АЗОТ» вирізняється масштабами виробництва мінеральних добрив і органічних сполук, маючи сильні експортні позиції. «РІВНЕАЗОТ» забезпечує стабільне постачання добрив на внутрішній і європейський ринки, використовуючи своє вигідне географічне положення. «ДНПРОАЗОТ» має стратегічне значення завдяки виробництву рідкого хлору та широкого спектра неорганічних речовин, критично важливих для водоочищення й промисловості. Разом ці підприємства формують основу хімічного експорту України та забезпечують потреби аграрного й промислового секторів. (Табл. 1)

Таблиця 1

	<b>ПрАТ «АЗОТ» (Черкаси)</b>	<b>ПрАТ «РІВНЕАЗОТ» (Рівне)</b>	<b>АТ «ДНІПРОАЗОТ» (Кам'янське)</b>
<b>Сфера діяльності</b>	Добрива та агрохімікати	Нафтохімія та основна хімія	Рідкий хлор, аміак, каустична сода, соляна кислота, гіпохлорит натрію
<b>Основна продукція</b>	Аміак, карбамід, аміачна селітра, азотна кислота, капролактам	Аміачна селітра, карбамід, азотна кислота, аміак-селітра, водний аміак	Лікарські засоби: таблетки, ін'єкції, інсуліни
<b>Обсяг ринку в Україні</b>	~15-18% ринку мінеральних добрив	~12-14% ринку мінеральних добрив	~10-12% всього хімічного ринку
<b>Експортні ринки</b>	Словаччина, Угорщина, Болгарія, Франція, Ірландія, Німеччина, Китай	Польща, Італія, Бельгія, США, Туреччина, Угорщина, Румунія, Литва	Польща, Болгарія, Грузія, Азербайджан, Казахстан, Узбекистан, Близький Схід

*Джерело: розроблено автором на основі [3], [5]*

#### **1.4. Динаміка експорту та імпорту хімічної продукції України з 2004 по 2024 рік**

Експорт хімічної продукції України в аналізованому періоді характеризується значною волатильністю.

У 2004 році експорт хімічної продукції становив 2,78 млрд доларів США. Цей рік можна вважати відправною точкою періоду економічного зростання. У 2005 році обсяг зріс до 2,99 млрд, у 2006 - до 3,38 млрд, а в 2007 - до 4,05 млрд доларів США. Основними чинниками цього зростання були підвищення попиту на добрива та органічні сполуки на ринках СНД та Азії, а також покращення технологічної бази окремих українських підприємств. У 2008 році експорт сягнув пікових 5,04 млрд доларів США. Це був найвищий показник у довоєнний період, зумовлений зростанням світових цін на нафтохімічну продукцію, активною торгівлею з Росією, Білоруссю, Казахстаном, а також збільшенням обсягів виробництва на підприємствах на сході України.

У 2009 році через вплив світової фінансової кризи обсяг експорту різко знизився до 2,51 млрд доларів - майже вдвічі. Причиною стало падіння глобального попиту та скорочення інвестицій у виробництво. Проте вже у 2010 році спостерігалось часткове відновлення - 3,47 млрд доларів, а в 2011 році було досягнуто рекордного рівня за весь період - 5,39 млрд доларів США, що пояснюється стабілізацією валютного ринку та високими цінами на агрохімію. У 2012 році показник дещо знизився до 5,06 млрд, а у 2013 - до 4,32 млрд доларів, що було першим сигналом політичної та економічної нестабільності.

Після початку війни на Донбасі та анексії Криму у 2014 році експорт скоротився до 3,05 млрд доларів. Україна втратила частину виробничих потужностей (зокрема в Донецькій області), а також важливі логістичні вузли. У 2015 році обсяг експорту впав до 2,13 млрд доларів, а у 2016 - до історично низького значення 1,55 млрд. У 2017-2019 роках ситуація поступово стабілізувалася: експорт коливався на рівні 1,66-1,93 млрд доларів. Це відображає повільну адаптацію підприємств до нових ринкових умов, поступову сертифікацію продукції за стандартами ЄС і розширення торгівлі з Польщею,

Румунією та Туреччиною. У 2020 році експорт досяг 2,02 млрд доларів США, що частково пояснюється підвищеним попитом на хімію в умовах пандемії COVID-19 - антисептики, фармацевтика, дезінфекційні засоби.

2021 рік став знаковим - експорт зріс до 2,82 млрд доларів США. Це найвищий показник за останнє десятиліття, що пояснюється високими світовими цінами на добрива, органічні сполуки та продукцію нафтохімії. Проте у 2022 році, внаслідок повномасштабного вторгнення Росії, обсяг експорту скоротився до 1,29 млрд доларів, а в 2023 - до лише 888 млн. Таке падіння зумовлене руйнуванням логістики, знищенням інфраструктури (особливо портів), втратами виробничих підприємств у зонах бойових дій та загальним економічним колапсом. У 2024 році експорт зріс до 973 млн доларів, що свідчить про спробу відновлення торгівлі, зокрема через західні кордони та використання альтернативних логістичних маршрутів (автотранспорт, залізниця).

Динаміка імпорту хімічної продукції також має свої особливості. У 2004 році імпорт становив 2,24 млрд доларів США. Протягом наступних років імпорт стабільно зростав: 3,10 млрд у 2005, 3,88 млрд у 2006, 5,31 млрд у 2007, досягнувши у 2008 році рівня 6,95 млрд доларів. Причиною такого зростання був підвищений попит на фармацевтичну продукцію, пластмаси, косметику та інші товари, які в Україні не вироблялись у достатніх обсягах.

У 2009 році обсяг імпорту впав до 5,31 млрд доларів, що було наслідком глобальної фінансової кризи. Втім, уже у 2010 році він знову зріс до 6,44 млрд, а у 2011 - до 8,02 млрд. У 2012 році - 8,58 млрд, а у 2013 - 8,45 млрд доларів. Це були роки інтенсивного споживчого попиту, зокрема в сільському господарстві, будівництві, медицині. З 2014 року, після початку війни, імпорт знизився до 6,78 млрд доларів, а у 2015 - до 5,00 млрд. Відновлення почалося вже у 2016 році (5,61 млрд), з подальшим зростанням у 2017-2019 роках (6,54-7,48 млрд доларів). У 2020 році спостерігалось незначне падіння до 7,33 млрд через глобальні порушення ланцюгів постачання у зв'язку з пандемією.

2021 рік став рекордним - імпорт зріс до 9,74 млрд доларів США. Це пов'язано зі стрімким зростанням цін на фармацевтику, добрива, активним

попитом на медичну продукцію, а також збільшенням постачань пластмас, що використовуються в різних галузях. У 2022 році, після початку повномасштабної війни, імпорт скоротився до 6,21 млрд доларів. У 2023 році обсяг збільшився до 7,43 млрд, а у 2024 - до 8,06 млрд, що вказує на відновлення промислового попиту та споживання в умовах поступової стабілізації ситуації, а також імпортозалежність у галузі фармацевтики та технічної хімії. [10]

Детальний графік порівняння експорту та імпорту. Додаток А

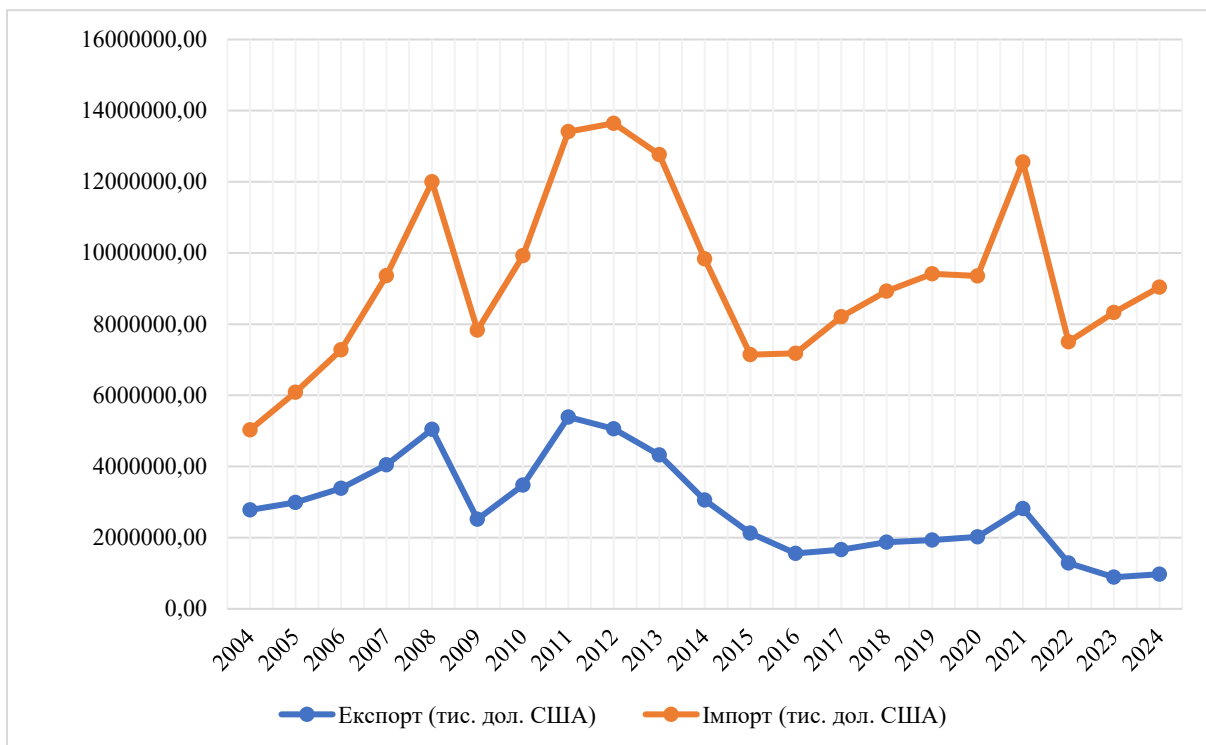


Рис. 1. Динаміка експорту та імпорту хімічної продукції України з 2004 по 2024 рік

*Джерело: розроблено автором на основі [1], [5], [7]*

Експортно-імпортна діяльність у сфері хімічної промисловості України у 2004-2024 роках зазнала істотних змін, обумовлених як внутрішніми трансформаціями, так і глобальними економічними процесами. На основі візуального аналізу та економічної періодизації розвиток зовнішньої торгівлі хімічною продукцією доцільно поділити на чотири етапи: період економічного зростання (2004-2008), період післякризового відновлення (2009-2013), період внутрішніх трансформацій (2014-2021) та період війни й адаптації (2022-2024). Такий поділ дозволяє краще зрозуміти причини змін у динаміці експорту й

імпорту, а також глибше оцінити наслідки економічних і політичних подій для хімічної галузі.

**Період економічного зростання (2004-2008)** характеризувався стабільним підвищенням як експорту, так і імпорту хімічної продукції. У 2004 році експорт становив 2,78 млрд дол. США, а імпорт - 2,24 млрд. У наступні роки обидва показники демонстрували зростання: у 2005 році експорт сягнув 2,99 млрд, а імпорт - 3,10 млрд; у 2006 - 3,39 млрд і 3,89 млрд відповідно; у 2007 - 4,05 млрд і 5,31 млрд; у 2008 - 5,04 млрд та 6,96 млрд дол. США. Таке зростання стало можливим завдяки загальному економічному піднесенню в країні, індустріальному відновленню підприємств, інтеграції у глобальні ланцюги постачання, зростанню світових цін на нафтохімію, добрива, полімери та інші продукти галузі. Експорт орієнтувався на Росію, Білорусь, Казахстан, Туреччину, Італію та Китай, а імпорт охоплював фармацевтичні препарати, агрохімію, барвники, косметику й синтетичні матеріали, які активно споживалися як у промисловості, так і в побуті. Це був найбільш сприятливий період для зовнішньої торгівлі.

**Період післякризового відновлення (2009-2013)** розпочався із глибокого падіння у 2009 році, зумовленого глобальною фінансовою кризою. Експорт скоротився вдвічі - до 2,51 млрд дол. США, імпорт - до 5,32 млрд, що стало наслідком зменшення попиту, зниження цін на продукцію та загального спаду промислової активності в усьому світі. У 2010 році почалося поступове відновлення: експорт виріс до 3,47 млрд, імпорт - до 6,44 млрд. У 2011 році фіксується найбільший експорт за весь період - 5,39 млрд дол., а імпорт досяг 8,02 млрд. У 2012 році експорт трохи знизився до 5,06 млрд, однак імпорт продовжив зростання - до рекордних 8,58 млрд дол. У 2013 році обидва показники почали знижуватись - експорт до 4,33 млрд, імпорт - до 8,45 млрд, що відображало зростання політичної напруги в країні. Загалом цей етап засвідчив спроможність галузі до відновлення після шоків, активну торгівлю з країнами ЄС, та намагання адаптувати виробництво до нових стандартів.

**Період внутрішніх трансформацій (2014-2021)** був найскладнішим в історії української хімічної промисловості. У 2014 році внаслідок Революції Гідності, анексії Криму та початку війни на Донбасі було втрачено частину промислових підприємств, сировинної бази та ринків збуту (особливо РФ). Експорт у 2014 році скоротився до 3,05 млрд, а імпорт - до 6,78 млрд дол. США. У 2015 році обидва показники обвалилися ще сильніше: експорт до 2,13 млрд, імпорт - до 5,00 млрд. У 2016-2019 роках відбулося поступове зростання: експорт досяг 1,93 млрд у 2019 році, а імпорт - 7,48 млрд. Цей період можна вважати адаптаційним: підприємства переорієнтовувались на європейський ринок, проходили сертифікацію, долали бар'єри REACH і екологічних стандартів, водночас відновлюючи виробничі ланцюги. У 2020 році, попри пандемію COVID-19, хімічний експорт навіть виріс до 2,02 млрд, а імпорт тримався на високому рівні - 7,33 млрд. У 2021 році обидва показники сягнули нових максимумів: експорт - 2,82 млрд, імпорт - 9,74 млрд доларів США. Це свідчило про активізацію світової торгівлі, зростання попиту на добрива, фармацевтику, дезінфекційні засоби та іншу продукцію.

**Період війни і адаптації (2022-2024)** розпочався із повномасштабного вторгнення Росії 24 лютого 2022 року, що спричинило економічний шок, руйнування інфраструктури, знищення портів, втрату експортної логістики та зупинку низки підприємств. У 2022 році експорт скоротився до 1,29 млрд дол. США - більш ніж удвічі порівняно з попереднім роком, а імпорт упав до 6,21 млрд. 2023 рік став найгіршим в історії української хімічної торгівлі: експорт сягнув лише 888 млн доларів, що є найнижчим значенням за два десятиліття, хоча імпорт почав відновлюватися - 7,43 млрд. У 2024 році спостерігається початок повільного відновлення: експорт зріс до 973 млн, імпорт - до 8,06 млрд доларів. Така динаміка демонструє імпортозалежність України у сфері хімії (особливо у фармацевтиці, агрохімії та технічних речовинах) і водночас свідчить про зусилля українських компаній з відновлення експортної активності, зокрема через залізничні та автотранспортні канали через західний кордон, нові ринки в Європі та Близькому Сході.

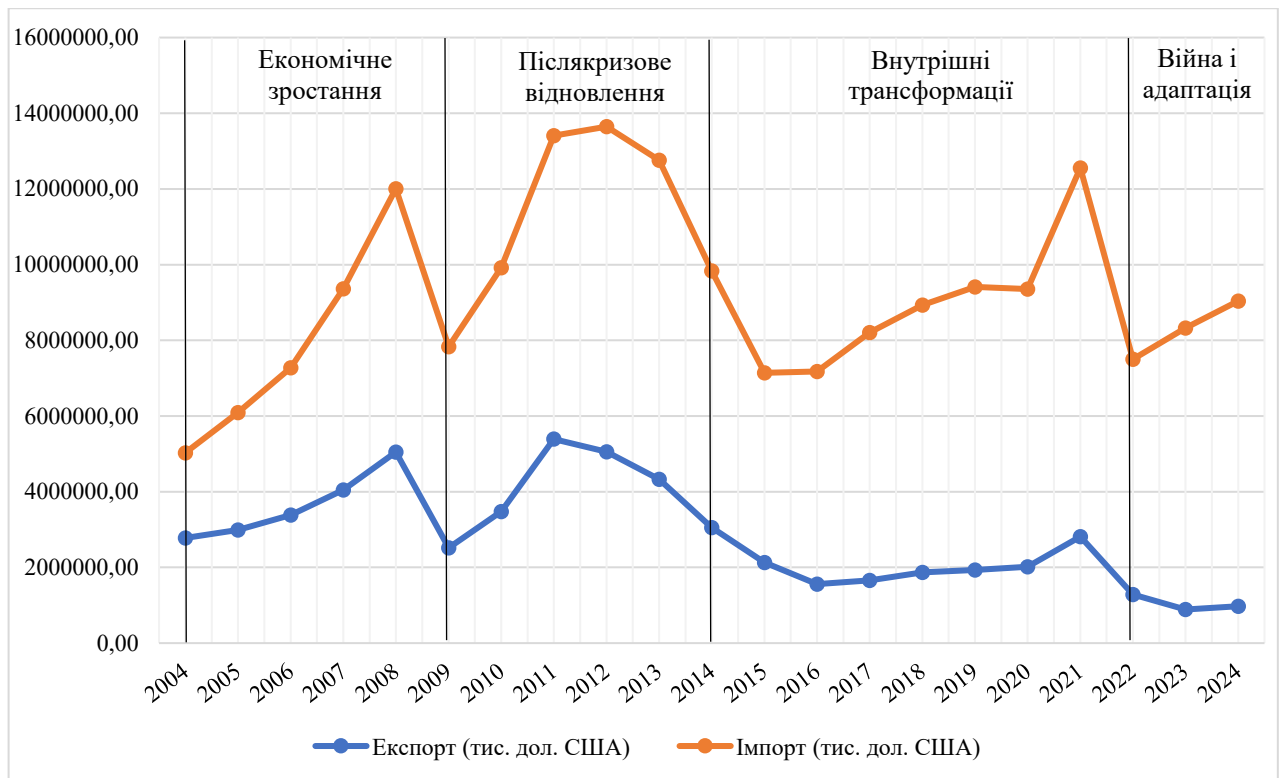


Рис. 2. Динаміка експорту та імпорту хімічної продукції України за періодами у 2004–2024 роках

Джерело: розроблено автором на основі [1], [5], [7]

Як висновок, можемо сказати, що динаміка експорту й імпорту хімічної продукції України у 2004-2024 роках чітко відображає економічні й політичні цикли в країні. Пікові значення спостерігалися у роки стабільності, активного розвитку, сприятливої зовнішньої кон'юнктури, а спади - у періоди глобальних криз, війни та внутрішніх потрясінь. У майбутньому для стабілізації зовнішньої торгівлі в хімічній галузі Україні необхідно забезпечити енергетичну незалежність, модернізувати виробництво, глибше інтегруватися у європейські ланцюги постачання, розширити номенклатуру високотехнологічної продукції та забезпечити сталу логістику незалежно від військово-політичних факторів.

## 1.5. Проблеми та бар'єри у зовнішньоекономічній діяльності хімічних підприємств України

Хімічна промисловість України є стратегічно важливим сектором, що формує близько 5-7% від загального обсягу промислового виробництва країни. Вона забезпечує сировиною та матеріалами інші галузі: сільське господарство, металургію, машинобудування тощо. Незважаючи на значний експортний потенціал, хімічна галузь стикається з численними викликами у сфері зовнішньоекономічної діяльності (ЗЕД). Нижче розглянуто ключові проблеми та бар'єри, що впливають на ефективність ЗЕД хімічних підприємств України.

Однією з найсуттєвіших проблем є логістичні та інфраструктурні бар'єри, які різко загострилися з початком повномасштабної війни у 2022 році. До цього часу близько 70% хімічного експорту транспортувалося через морські порти, зокрема Одесу, Миколаїв та Маріуполь. Втім, блокада портів та знищення логістичних вузлів призвели до критичних ускладнень у доставці продукції. Наприклад, компанія «Сумхімпром» повідомила, що після втрати морських маршрутів витрати на транспортування мінеральних добрив до ЄС зросли майже вдвічі, що зробило продукцію неконкурентною. Крім того, залізнична інфраструктура перебуває під постійною загрозою через обстріли, а прикордонні пункти з Польщею та Румунією не мають достатньої пропускну здатності для швидкої переробки великих вантажопотоків. Усе це призводить до затримок, зростання витрат, втрати контрактів та невиконання зобов'язань перед іноземними партнерами.

Другим важливим бар'єром є втрата традиційних ринків збуту. До 2014 року значна частина хімічної продукції експортувалася до Росії та країн СНД. За даними Держстату, у 2012 році частка експорту до РФ становила понад 27% всього експорту хімічної продукції України. Проте через анексію Криму, війну на Донбасі та санкції, ця частка скоротилася до менше ніж 1% у 2022 році. Заміщення цих ринків виявилось складним завданням, адже вихід на нові ринки, особливо ринки ЄС, потребує значних інвестицій у відповідність продукції технічним стандартам, адаптації маркетингових стратегій, сертифікації та

налагодження нових логістичних маршрутів. Наприклад, компанія «Азот» (Черкаси) витратила понад півмільйона доларів на переобладнання лінії для відповідності екологічним стандартам Європейського Союзу, що є недоступним для середніх або малих підприємств. [7] [11]

Ще одним викликом є складність відповідності технічним стандартам ЄС, зокрема вимогам регламенту REACH (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals). Відповідно до даних Міністерства економіки України, лише 30-35% українських хімічних підприємств мають продукцію, що відповідає вимогам цього регламенту. REACH вимагає глибокої перевірки хімічного складу продукції, безпеки використання, умов транспортування та утилізації. Це передбачає не лише адаптацію виробництва, а й значні витрати на лабораторні дослідження, переклад технічної документації, страхування ризиків тощо. У 2021 році підприємство «Фармак» витратило понад 15 млн грн на реєстрацію своєї продукції відповідно до вимог REACH, тоді як багато інших виробників просто втратили можливість експорту до ЄС.

Крім технічних, існують і фінансові бар'єри, зокрема дефіцит обігового капіталу. Через війну та економічну кризу більшість банків уникають кредитування промислових підприємств, які мають високий ризик простою, втрати активів або непередбачуваних збитків. За інформацією НБУ, понад 60% хімічних підприємств повідомляють про відсутність доступу до банківських кредитів або державних програм фінансової підтримки експорту. Водночас участь у міжнародних тендерах, виставках або торговельних форумах часто вимагає передплати, оплати транспортних витрат, страхування, що без наявності обігових коштів є неможливим.

Однією з найскладніших структурних проблем галузі є енергозалежність. Виробництво аміаку, нітратів, добрив і полімерів вимагає великих обсягів природного газу та електроенергії. Після пошкодження енергетичної інфраструктури внаслідок обстрілів у 2022-2023 роках, вартість електроенергії для промисловості в Україні зросла на 25-35%. Крім того, в окремих регіонах було зафіксовано постійні відключення, що унеможливило безперервний

виробничий процес. У порівнянні з європейськими підприємствами, які отримують субсидії на енергоефективність, українські хімічні компанії виявилися в нерівних умовах конкуренції.

Ще одним значним бар'єром є нестабільність валютного курсу. Оскільки сировина закупається переважно за кордоном у доларах або євро, а продаж на внутрішньому ринку часто відбувається в гривні, коливання курсу призводять до фінансових втрат. У період 2022-2023 років курс гривні до долара змінювався з 27 до 39 грн/долар, що зумовило подорожчання сировини та збитковість виконання раніше укладених контрактів. Крім того, зберігається податковий тиск, зокрема необхідність сплати ПДВ при імпорті навіть у разі затримок або повернення товарів. [9]

Окремо варто згадати і про кадровий бар'єр. Через мобілізацію, евакуацію населення та еміграцію значна частина кваліфікованих кадрів - інженерів, хіміків, технологів - залишила країну або змінила сферу діяльності. Водночас система професійної освіти не встигає адаптуватися до потреб галузі. Також хімічна наука в Україні втрачає зв'язок із бізнесом: фінансування прикладних досліджень практично відсутнє, що обмежує впровадження інновацій та знижує додану вартість продукції.

Як підсумок до всього сказаного вище, зовнішньоекономічна діяльність хімічних підприємств України стикається з комплексом бар'єрів: від руйнації логістики та втрачених ринків збуту до браку фінансування, невідповідності європейським стандартам та відтоку фахівців. Подолання цих проблем потребує скоординованої державної політики підтримки, стимулювання інвестицій, адаптації до вимог ЄС, розвитку енергоефективності та відновлення логістичних шляхів. Тільки у такий спосіб українська хімічна промисловість зможе повноцінно реалізувати свій потенціал на міжнародному ринку та стати драйвером економічного зростання країни в умовах післявоєнної відбудови.

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИЧНІ ПІДХОДИ ДО АНАЛІЗУ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ТОРГІВЛІ ХІМІЧНОЮ ПРОДУКЦІЄЮ УКРАЇНИ

### 2.1. Сутність SWOT-аналізу та його роль в оцінці торговельного потенціалу

SWOT-аналіз (від англ. *Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) є одним із найпоширеніших інструментів стратегічного аналізу, що дозволяє системно оцінити поточний стан об'єкта дослідження з урахуванням як внутрішніх, так і зовнішніх чинників. Методологія SWOT-аналізу ґрунтується на ідентифікації чотирьох ключових груп факторів: сильних сторін (S), слабких сторін (W), можливостей (O) та загроз (T). Перші дві групи відображають внутрішнє середовище об'єкта (внутрішні характеристики, ресурси, компетенції), а останні - зовнішнє (ринкове оточення, тенденції, нормативно-правове поле тощо).

Процедура SWOT-аналізу передбачає кілька послідовних етапів. На першому етапі здійснюється збір релевантної інформації про об'єкт дослідження - у даному випадку, про хімічну промисловість України в контексті її участі у зовнішньоекономічній діяльності. Джерелами даних можуть виступати державна та міжнародна статистика, галузеві огляди, аналітичні звіти, а також експертні оцінки. На другому етапі відбувається розподіл виявлених факторів за відповідними категоріями - S, W, O та T. При цьому важливо дотримуватись логіки відбору: сильні та слабкі сторони мають бути внутрішніми характеристиками, які залежать від самого об'єкта, тоді як можливості та загрози - це зовнішні умови, що не підконтрольні об'єкту, але впливають на його функціонування.

Третій етап передбачає аналіз взаємозв'язків між визначеними факторами. Зокрема, стратегічний підхід до SWOT-аналізу полягає не лише в описовій систематизації, а й у побудові комбінацій, які дозволяють сформулювати практичні рекомендації. Наприклад, сильні сторони можуть бути використані для реалізації можливостей або для нейтралізації зовнішніх загроз; слабкі

сторони мають бути мінімізовані або компенсовані, зважаючи на наявні можливості.

Четвертий етап передбачає формалізацію результатів аналізу у вигляді SWOT-матриці - табличної форми, яка дозволяє наочно представити кожен з категорій факторів. На основі цієї матриці формуються стратегічні висновки - наприклад, перспективи нарощування експорту окремих видів продукції, потреби в інноваціях, необхідність державної підтримки, пріоритетні ринки збуту тощо.

SWOT-аналіз не дає кількісної оцінки, проте є важливим якісним методом, який дозволяє структурувати інформацію, виявити критичні напрями впливу на об'єкт дослідження та створити основу для прийняття рішень у межах стратегічного або аналітичного планування. У контексті дослідження імпорту та експорту хімічної продукції SWOT-аналіз відіграє роль етапу попередньої діагностики: він допомагає виявити, які внутрішні можливості та обмеження варто враховувати при побудові економетричних моделей, а також які зовнішні події або ризики можуть суттєво змінити динаміку зовнішньої торгівлі. Його застосування дозволяє доповнити кількісні висновки моделювання якісним розумінням середовища функціонування галузі та покращити інтерпретацію отриманих прогнозів. [18]

## 2.2. Методологія PESTEL-аналізу як інструменту оцінки макросередовища

PESTEL-аналіз (від англ. *Political, Economic, Social, Technological, Environmental, Legal*) є системним інструментом стратегічного аналізу зовнішнього середовища, який широко використовується для оцінювання впливу макрочинників на діяльність підприємств, галузей або національної економіки загалом. Його застосування у сфері зовнішньоекономічної діяльності, зокрема у контексті імпорту та експорту хімічної продукції, дозволяє всебічно охарактеризувати зовнішні умови функціонування галузі, виявити наявні можливості розвитку та зовнішні загрози, що можуть ускладнювати реалізацію торговельного потенціалу.

Методологія PESTEL-аналізу передбачає структуроване вивчення шести груп факторів: політичних (P), економічних (E), соціальних (S), технологічних (T), екологічних (E) та правових (L). Кожен з цих елементів репрезентує окремий вимір впливу на середовище функціонування об'єкта аналізу. Головною методологічною особливістю даного підходу є те, що він фокусується виключно на зовнішньому середовищі - тобто на тих обставинах, які не контролюються безпосередньо суб'єктом, однак значною мірою визначають ефективність його функціонування. Застосування PESTEL-аналізу в дослідженні зовнішньої торгівлі хімічною продукцією дозволяє глибше зрозуміти, які фактори формують умови виходу на міжнародні ринки, експорту готової продукції, імпорту сировини або проміжних компонентів, а також які бар'єри або стимули створює зовнішнє середовище. [19]

Політичний компонент аналізу охоплює чинники, пов'язані з політичною стабільністю в Україні та країнах-партнерах, якістю врядування, наявністю міжнародних угод про зону вільної торгівлі, політикою митного регулювання, підтримкою експорту на рівні державної політики, а також геополітичними ризиками, зокрема тими, що виникають у зв'язку з воєнним станом. У випадку хімічної промисловості ці аспекти мають критичне значення, оскільки велика частина торгівлі залежить від політичних рішень щодо квот, ліцензій, обмежень та санкцій.

Економічний фактор охоплює загальні макроекономічні умови - темпи зростання ВВП, рівень інфляції, валютний курс, доступність зовнішнього фінансування, рівень податкового навантаження, платіжний баланс, стан логістичної інфраструктури, глобальні ціни на хімічну продукцію, а також купівельну спроможність країн-імпортерів. Економічні параметри відіграють центральну роль у формуванні конкурентоспроможності української хімічної продукції на міжнародному ринку, особливо в умовах глобальної нестабільності.

Соціальний аспект включає у себе демографічні зміни, рівень освіти та кваліфікації робочої сили, ставлення суспільства до хімічної промисловості, тренди у споживанні екологічно безпечної продукції, а також попит на певні види хімічної продукції з боку населення. У сучасних умовах дедалі більшого значення набуває фактор суспільного запиту на сталий розвиток, що безпосередньо впливає на попит на «зелені» хімічні рішення, екологічну сертифікацію та корпоративну соціальну відповідальність.

Технологічний фактор пов'язаний із рівнем технологічного розвитку в галузі, доступністю інновацій, наявністю сучасного виробничого обладнання, інфраструктурою наукових досліджень, цифровізацією виробництва та логістики, впровадженням автоматизованих систем обліку, контролю якості та митного оформлення. У хімічній галузі технологічна модернізація є одним з ключових шляхів підвищення конкурентоспроможності, а також зменшення залежності від імпорту дорогих технологічних компонентів.

Екологічний вимір охоплює міжнародні та національні стандарти у сфері охорони довкілля, рівень забруднення, вимоги до утилізації відходів, обмеження на використання шкідливих речовин, а також участь держави в глобальних екологічних угодах. Хімічна продукція, як правило, має підвищену екологічну чутливість, тому дотримання екологічних норм є необхідною умовою для допуску товару на багато ринків, зокрема країн ЄС.

Правовий аспект включає чинне митне та податкове законодавство, нормативно-правову базу зовнішньоекономічної діяльності, захист прав інтелектуальної власності, вимоги до сертифікації продукції, а також процедури

експорту-імпорту та супутні регламенти. Зміни у законодавстві або введення нових міжнародних норм (наприклад, REACH у ЄС) можуть істотно вплинути на можливість реалізації української продукції за кордоном.

Як висновок, PESTEL-аналіз у межах дослідження виконує кілька важливих функцій. По-перше, він дає змогу виявити та класифікувати найважливіші зовнішні впливи на торгівлю хімічною продукцією. По-друге, результати аналізу дозволяють обґрунтовано врахувати ці фактори при побудові економетричних моделей - зокрема, у виборі незалежних змінних, формуванні сценарних припущень або інтерпретації динаміки. По-третє, PESTEL-аналіз сприяє формулюванню практичних рекомендацій для суб'єктів державної політики та бізнесу щодо адаптації до зовнішніх умов, виявлення нових ринків збуту, зниження регуляторних ризиків та стимулювання інноваційного розвитку.

Загалом, метод PESTEL дозволяє системно оцінити складне, динамічне і багаторівневе середовище функціонування зовнішньої торгівлі, що особливо важливо в умовах сучасних глобальних викликів - енергетичної кризи, геополітичної нестабільності, кліматичних змін та цифрової трансформації промисловості.

### 2.3. Теоретичні основи та алгоритм методу k-середніх

Метод кластеризації k-середніх (*k-means clustering*) є одним із найбільш поширених алгоритмів машинного навчання, який застосовується для сегментації даних на основі подібності характеристик об'єктів. У сфері економічних досліджень, зокрема при аналізі зовнішньоекономічної діяльності, кластеризація дає змогу виокремити групи країн-партнерів, які мають схожі параметри імпорту та експорту, що, у свою чергу, дозволяє точніше оцінити структуру міжнародної торгівлі та сформулювати відповідні стратегічні підходи до розвитку торгівельних відносин. У даній роботі метод k-середніх застосовується для класифікації країн за рівнем торговельної взаємодії з Україною у сфері хімічної продукції.

Теоретично метод базується на концепції розподілу сукупності об'єктів на  $k$  неперетинних кластерів таким чином, щоб внутрішньогрупова схожість об'єктів була максимальною, а відмінності між об'єктами з різних кластерів - мінімальними. Основним критерієм оптимізації класифікації є мінімізація так званої функції втрат, тобто суми квадратів евклідових відстаней між кожним об'єктом та центроїдом (середнім значенням) свого кластера. Центроїд визначається як середнє значення усіх точок, які входять до певного кластера, за кожною з досліджуваних ознак. У результаті кластеризації формується таке розбиття множини, при якому внутрішньокластерна дисперсія є мінімальною.

Процедура k-середніх реалізується за допомогою ітеративного алгоритму, який складається з кількох послідовних кроків. Перший етап передбачає визначення кількості кластерів  $k$ , яка встановлюється заздалегідь. Значення  $k$  може задаватися емпірично, виходячи з досвіду дослідника, або обґрунтовуватись статистичними методами, такими як метод «лікоть» (*elbow method*), який ґрунтується на візуальному аналізі зміни значення внутрішньокластерної дисперсії (WCSS) залежно від кількості кластерів. Оптимальним вважається те значення  $k$ , при якому подальше його збільшення не дає суттєвого покращення структури кластерів.

Другий етап полягає в ініціалізації початкових центроїдів кластерів. Найчастіше центроїди вибираються випадковим чином із наявних об'єктів. Однак для покращення стабільності результату та пришвидшення збіжності алгоритму часто застосовується модифікований варіант - алгоритм k-means++, який дозволяє уникнути поганого початкового розташування центрів.

На третьому етапі кожен об'єкт дослідження (наприклад, країна-партнер України) порівнюється з усіма наявними центроїдами за обраною метрикою відстані (зазвичай використовується евклідова відстань), після чого об'єкт приписується до того кластера, чий центр знаходиться до нього найближче. Це так зване правило найближчого центроїда.

Далі, на четвертому етапі, центроїди кластерів оновлюються - для кожного кластера обчислюється нове середнє значення всіх об'єктів, що до нього належать, за кожною ознакою. Це оновлення впливає на новий поділ об'єктів і змінює геометрію кластерів.

П'ятий етап полягає в повторенні ітерацій призначення об'єктів до нових кластерів і оновлення центроїдів доти, доки не буде досягнуто збіжності. Алгоритм вважається завершеним, коли розподіл об'єктів між кластерами більше не змінюється або зміни стають незначними. Це означає, що алгоритм досяг локального мінімуму функції втрат.

Важливо зазначити, що алгоритм кластеризації чутливий до масштабів ознак, тому перед початком кластеризації дані підлягають нормалізації або стандартизації. Найпоширенішими є стандартизація (перетворення значень на відхилення від середнього, поділені на стандартне відхилення) та мін-макс нормалізація (масштабування у діапазон  $[0;1]$ ). Без цього ознаки, виміряні в більших числових масштабах, можуть штучно домінувати у метриці відстані.

Після завершення кластеризації здійснюється оцінка якості отриманого розбиття. Для цього застосовуються показники, такі як коефіцієнт силуету (silhouette score), який вимірює ступінь відокремленості кластерів, або аналіз внутрішньогрупової та міжгрупової дисперсії. У прикладному аспекті також проводиться інтерпретація отриманих кластерів: аналіз середніх значень ознак у

кожній групі, порівняння з вихідними даними, побудова візуалізацій у вигляді графіків чи карт.

Метод k-середніх в економіці дозволяє виявити приховану структуру даних, зокрема встановити, які країни мають подібну інтенсивність імпортно-експортних відносин, подібну структуру товарних потоків або схожу поведінку у часі. Це може бути корисним для формування регіональних стратегій, ідентифікації нових перспективних ринків або виявлення країн з високими ризиками. Крім того, поєднання кластеризації з економетричними методами дозволяє поглибити інтерпретацію результатів моделювання та врахувати групову гетерогенність торговельних партнерів, що в іншому випадку залишилася б прихованою. [20]

Отже, кластеризація методом k-середніх є важливим інструментом багатовимірною аналізу, що дозволяє не лише спростити складну структуру даних, але й вивести на поверхню логічні та практично значущі групи спостережень. У рамках аналізу зовнішньої торгівлі хімічною продукцією України цей метод дозволяє забезпечити більш гнучкий та обґрунтований підхід до стратегічного планування й аналітичного прогнозування.

## 2.4. Інструментарій моделювання змін: плинне середнє, експоненційне згладжування та метод Холта-Вінтерса

Для моделювання тенденцій змін у імпорту та експорту хімічної продукції в Україні було використано три різні підходи до прогнозування даних, а саме: метод ковзного (плинного) середнього, метод експоненціального згладжування та метод Холта-Вінтерса.

Наведемо опис та характеристику вищеназваних методів.

**Метод плинного середнього** - є одним із найпростіших, але водночас інтуїтивно зрозумілих способів аналізу часових рядів. Його основна ідея полягає у згладжуванні короткострокових випадкових коливань у даних для того, щоб краще виявити основну тенденцію, тобто тренд. Такий метод базується на припущенні, що незначні зміни між сусідніми спостереженнями можуть мати випадковий характер, бути спричиненими зовнішніми чинниками, що не мають довготривалого впливу, і тому їх варто нейтралізувати.

Суть цього методу полягає в тому, що кожне нове значення згладженого ряду обчислюється як середнє арифметичне певної кількості сусідніх значень початкового часового ряду. Цей набір значень формує так зване "вікно" або інтервал згладжування, ширина якого (тобто кількість значень, що усереднюються) визначається користувачем або аналітиком відповідно до завдань аналізу. Наприклад, якщо встановлено, що ширина вікна дорівнює трьом, то кожне нове значення в згладженому ряду буде обчислюватися як середнє значення трьох останніх спостережень. Далі це вікно «ковзає» по часовому ряду з фіксованим кроком - зазвичай у межах одного періоду - і на кожному кроці розраховується нове усереднене значення, яке формує нову серію даних.

Такий підхід дозволяє отримати більш плавну криву динаміки, яка чіткіше ілюструє загальний напрям змін у ряді: зростання, спадання чи стабільність. Це особливо корисно в економічних дослідженнях, де велике значення мають довгострокові тенденції, що відображають фундаментальні зміни в економіці, а не тимчасові коливання. Застосування плинного середнього у дослідженні

обсягів імпорту та експорту хімічної продукції дозволяє відфільтрувати сезонні та випадкові сплески або падіння, отримуючи чистіший тренд зовнішньоторговельної динаміки.

Разом із тим, незважаючи на свою зручність і наочність, метод плинного середнього має певні обмеження. По-перше, всі значення, які входять до вікна згладжування, мають однакову вагу, тобто модель не розрізняє, які спостереження є більш актуальними. По-друге, метод не враховує наявності тренду чи сезонності, тобто не дає можливості формально врахувати стійке зростання, спад або повторюваність у даних. По-третє, цей метод не є прогностичним у прямому сенсі: він не дозволяє екстраполювати дані на майбутні періоди без додаткових припущень або модифікацій. Тобто нові значення можуть бути побудовані лише на основі вже наявних, і для побудови прогнозу потрібно весь час мати попередні дані.

Важливим аспектом при застосуванні методу є вибір ширини вікна згладжування. Якщо інтервал надто вузький (наприклад, два або три значення), модель може залишатися занадто чутливою до випадкових коливань, і її згладжувальний ефект буде слабким. Якщо ж вікно занадто широке, може бути втрачена оперативність реагування на важливі зміни у динаміці, що призводить до згладжування не лише шуму, а й реальних змін у тренді. Отже, вибір оптимального розміру вікна є критично важливим для ефективності аналізу й повинен здійснюватися на основі емпіричних спостережень і завдань дослідження.

$$y_{сер1}^* = \frac{(y_1 + y_2 + \dots + y_m)}{m}$$

$$y_{сер2}^* = \frac{(y_2 + y_3 + \dots + y_{m+1})}{m} \text{ і т.д.}$$

**Метод експоненціального згладжування** - це один із найбільш поширених і ефективних методів прогнозування часових рядів, який використовується для згладжування випадкових коливань у даних та побудови короткострокових прогнозів. Його суть полягає в поступовому зменшенні впливу давніших спостережень і наданні більшої ваги останнім значенням. Це досягається шляхом

зваженого усереднення, де ваги зменшуються експоненційно із зростанням «віку» спостереження. Інакше кажучи, кожне нове згладжене значення є комбінацією поточного фактичного значення та попереднього згладженого значення, причому вплив останнього визначається спеціальним коефіцієнтом згладжування -  $\alpha$ .

Цей коефіцієнт, що змінюється в інтервалі від 0 до 1, має ключове значення для налаштування моделі. Якщо  $\alpha$  наближається до 1, модель надає перевагу найсвіжішим даним, швидко реагує на зміни і коливання, що робить її чутливою до останніх коливань у ряді. Якщо ж  $\alpha$  ближче до 0, то модель більше покладається на попередні значення, згладжуючи ряд сильніше, знижуючи реакцію на миттєві зміни, і таким чином створює стабільніший, але менш адаптивний прогноз. Завдяки цій властивості метод експоненціального згладжування є дуже гнучким і дозволяє адаптуватися до різних типів динаміки в часовому ряді.

Перевагою цього методу є його простота реалізації та висока ефективність у випадках, коли часовий ряд не має чітко вираженої сезонності або яскраво вираженого тренду. Він зберігає всю історію спостережень, але робить це таким чином, що останні дані мають більше значення, а старі поступово «забуваються». Це дає змогу отримати більш «живий» прогноз, який реагує на актуальні зміни у поведінці показника. Така властивість є особливо важливою при аналізі економічних або торговельних показників, зокрема, обсягів експорту чи імпорту, оскільки ці процеси часто схильні до короткострокових змін під впливом як зовнішніх ринкових факторів, так і внутрішніх економічних умов.

У процесі побудови прогнозу методом експоненціального згладжування необхідно також правильно задати початкове значення згладженого ряду. Найчастіше його обирають рівним першому фактичному спостереженню або середньому значенню перших кількох спостережень. Надалі, використовуючи рекурсивне оновлення згладжених значень, метод поступово створює новий ряд, який є згладженою версією початкового і може бути продовжений у майбутнє шляхом екстраполяції останнього значення.

**Метод Холта-Вінтерса**, у своєму несезонному варіанті, є розширенням базового методу експоненціального згладжування, яке дозволяє враховувати не лише рівень ряду, а й його трендову складову. Цей метод особливо корисний у тих випадках, коли часовий ряд демонструє стійку тенденцію до зростання або зниження, яку необхідно відобразити у прогнозі. У стандартному експоненціальному згладжуванні передбачається, що часовий ряд є стаціонарним або змінюється повільно й випадково, однак у реальних економічних показниках - таких як обсяги експорту та імпорту - дуже часто спостерігається поступове зростання або спад, тобто наявність тренду. Саме тому ця модель є важливою для більш точного і гнучкого прогнозування.

Суть методу полягає в тому, що він окремо оцінює два компоненти: поточний рівень часового ряду та його тренд (швидкість зміни рівня з часом). Рівень - це умовне значення, яке показує позицію часового ряду на певному етапі, а тренд - це швидкість, з якою змінюється цей рівень. Обидва ці компоненти оновлюються на кожному кроці часу за допомогою згладжувальних рівнянь, які враховують як нові фактичні спостереження, так і попередні оцінки. Це дозволяє моделі адаптуватися до змін у динаміці даних і передбачати як коротко-, так і середньострокову поведінку показника.

Модель працює за принципом подвійного згладжування: перше рівняння оновлює оцінку рівня ряду, друге - оцінку тренду. Потім обидві ці складові комбінуються для побудови прогнозного значення. Таким чином, на відміну від простого експоненціального згладжування, де прогноз на майбутнє дорівнює останньому згладженому значенню, у моделі Холта-Вінтерса прогноз формується з урахуванням того, як швидко змінюються дані. Якщо, наприклад, спостерігається стабільне щорічне зростання експорту, модель врахує цю швидкість зростання і перенесе її у прогноз на наступні періоди.

Важливою перевагою методу є його здатність реагувати на структурні зміни в ряді - наприклад, на зміну темпів зростання або раптове уповільнення динаміки. Це робить його особливо корисним у сферах, де часові ряди є нестабільними, але при цьому демонструють чітко виражені напрямки розвитку.

Для правильного функціонування моделі необхідно визначити два основні параметри згладжування: один регулює оновлення рівня, інший - тренду. Від їхнього вибору залежить швидкість адаптації моделі до нових даних: високі значення параметрів забезпечують швидку реакцію на зміни, низькі - створюють більш стабільний і згладжений прогноз.

Хоча базова версія моделі Холта-Вінтерса не враховує сезонності, її несезонний варіант є оптимальним для тих часових рядів, у яких головним джерелом змін є саме тренд. Саме така ситуація часто спостерігається у зовнішній торгівлі - де, наприклад, експорт певного виду продукції може демонструвати поступове зростання на тлі стабільного попиту або технологічного розвитку. В контексті дослідження обсягів імпорту та експорту хімічної продукції України модель Холта-Вінтерса дозволяє не лише згладити дані, але й побудувати динамічний прогноз, що враховує як поточний стан зовнішньої торгівлі, так і темпи її розвитку.

$$S'_2 = y_2, S''_2 = y_2 - y_1,$$

$$S'_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(S'_{t-1} + S''_{t-1}), 0 < \alpha < 1,$$

$$S''_t = \beta(S'_t - S'_{t-1})y_t + (1 - \beta)S''_{t-1}, 0 < \beta < 1.$$

Для прогнозування змін в обсягах хімічної продукції зовнішньої торгівлі України були обрані показники обсягу (дол. США) експорту та імпорту України, починаючи з 2010 року.

## РОЗДІЛ 3. ЗАСТОСУВАННЯ ЕКОНОМЕТРИЧНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ІМПОРТУ ТА ЕКСПОРТУ ХІМІЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

### 3.1. PESTEL-аналіз середовища функціонування хімічного експорту та імпорту

У сучасних умовах глобалізації та відкритості ринків зовнішньоекономічна діяльність хімічної промисловості України є важливим чинником її сталого розвитку. Участь у міжнародній торгівлі забезпечує приплив інвестицій, доступ до новітніх технологій, диверсифікацію ринків збуту та підвищення конкурентоспроможності української хімічної продукції. Проте ефективність такої діяльності значною мірою залежить від зовнішнього середовища, яке формує як можливості, так і загрози для функціонування галузі. З огляду на це, проведення **PESTEL-аналізу** дозволяє систематизувати впливові фактори за шістьма ключовими категоріями: політичними, економічними, соціальними, технологічними, екологічними та правовими. Такий аналіз є доцільним для стратегічного планування на рівні держави, підприємств і галузевих об'єднань, оскільки допомагає вчасно адаптуватися до змін, використати зовнішні можливості й мінімізувати ризики. Нижче розглянуто докладно кожен з категорій, яка має значення для розвитку хімічної галузі у сфері зовнішньої торгівлі.

**Політичне середовище** є визначальним для зовнішньоторговельної активності хімічної промисловості, оскільки впливає на стабільність логістики, міжнародне партнерство, систему санкцій, доступ до ринків і захист інтересів на зовнішніх майданчиках. Повномасштабне вторгнення Російської Федерації у 2022 році спричинило зупинку або руйнування багатьох хімічних підприємств на сході та півдні країни, зокрема таких гігантів як "Сєвєродонецьке об'єднання Азот" чи "Рівнеазот". Блокування морських портів та небезпека наземних шляхів призвели до зменшення обсягів експорту добрив, полімерів, сировини для фармацевтичної та косметичної промисловості. Однак паралельно посилюється співпраця з ЄС, зокрема у рамках Угоди про асоціацію та Пан'європейської

системи преференцій, що відкриває для українських підприємств можливості виходу на нові ринки зі спрощеним доступом.

Хімічна промисловість є капітало- та енергоємною, тому її діяльність надзвичайно чутлива до змін в **економічному середовищі**. Одним з ключових факторів є вартість енергоносіїв, зокрема природного газу, який широко використовується у виробництві аміаку, добрив, пластмас. У періоди різкого зростання цін на газ собівартість української продукції зростає, що погіршує її конкурентні позиції. Девальвація гривні, яка триває з 2014 року, з одного боку підвищує експортну привабливість продукції, але з іншого - ускладнює закупівлю імпоротної сировини, устаткування та компонентів. Економічні труднощі, спричинені війною, також знизили інвестиційну активність у галузі, але підтримка з боку міжнародних фінансових організацій, таких як ЄБРР, МФК, а також участь у програмах експортного кредитування створюють нові інструменти для стабілізації.

**Соціальне середовище** в Україні та за її межами також формує контекст функціонування хімічного експорту й імпорту. По-перше, через мобілізацію, міграцію населення та скорочення освітніх програм у технічних спеціальностях ускладнюється забезпечення підприємств кваліфікованими кадрами - інженерами-хіміками, технологами, аналітиками. По-друге, змінюються соціальні очікування споживачів у країнах-імпортерах: зростає попит на «зелену хімію», безпечні для здоров'я людини та довкілля матеріали. Таким чином, українські підприємства повинні трансформувати підходи до виробництва, маркування та реклами продукції. Крім того, європейські замовники висувають соціальні критерії до постачальників (умови праці, гендерна рівність, відповідальне управління), що стає додатковим викликом для виходу на розвинені ринки.

Світові тенденції та **технологічні чинники** у хімічній промисловості орієнтовані на автоматизацію, цифрову трансформацію, енергоефективність і екологічну безпеку виробництва. На жаль, багато українських хімічних підприємств мають застарілу виробничу базу, що обмежує їхню здатність

відповідати міжнародним стандартам. Проте війна парадоксально стимулює модернізацію: ті компанії, які зберегли потужності, активно переорієнтовуються на інноваційне виробництво, впроваджують системи управління якістю (ISO, GMP), автоматизацію ланцюгів постачання. Доступ до грантового фінансування та програм технічної допомоги з боку ЄС також сприяє технологічному оновленню. Важливо також враховувати наявність бар'єрів у патентуванні інновацій та передачі технологій, які потребують державної підтримки.

З огляду на глобальні кліматичні виклики, **екологічні чинники** відіграють дедалі важливішу роль у формуванні зовнішньоторговельної політики. Хімічна продукція традиційно асоціюється з підвищеними екологічними ризиками - токсичністю, утворенням відходів, забрудненням води та ґрунтів. У зв'язку з цим українські експортери мають адаптуватися до міжнародних екостандартів, зокрема REACH (Регламент ЄС щодо реєстрації, оцінки та авторизації хімічних речовин), CLP, Green Deal. Також Україна повинна враховувати можливість введення вуглецевих податків (СВАМ) з боку ЄС, які можуть ускладнити доступ на ринок для неекологічної продукції. Водночас підвищення екологічної відповідальності може стати конкурентною перевагою на європейських та азійських ринках.

Нарешті, **правове поле**, у якому функціонує зовнішня торгівля хімічною продукцією, є складним і динамічним. До ключових факторів належать: гармонізація українського законодавства з вимогами ЄС, удосконалення технічного регулювання, запровадження електронного документообігу в митниці, цифровізація сертифікаційних процедур. У той же час зберігаються суттєві проблеми: повільність судових процесів, нестабільність податкового законодавства, відсутність єдиного підходу до ліцензування хімічної продукції. Внутрішні регуляторні обмеження, що ускладнюють імпорт деяких компонентів (наприклад, прекурсорів), також гальмують виробництво й експорт. Водночас участь України у Світовій організації торгівлі (СОТ), СОТА (Угода про сприяння торгівлі), а також підтримка з боку європейських структур сприяють вдосконаленню правової бази.

Отже, результати PESTEL-аналізу свідчать про високу чутливість хімічної промисловості України до зовнішнього середовища. В умовах війни і глобальних змін в торгівлі важливо не лише реагувати на зовнішні виклики, а й проактивно адаптувати стратегії розвитку до змінного середовища. Гармонізація законодавства, модернізація виробництва, дотримання екологічних стандартів і орієнтація на соціально відповідальні практики є необхідними умовами для ефективної зовнішньоторговельної діяльності галузі.

Для кращого сприйняття це зображено в табл. 3

Таблиця 2

Фактори	Опис впливу на хімічну промисловість України
Р (Політичні)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Руйнування виробництв, логістичні труднощі, втрата ринків збуту через війну з РФ</li> <li>▪ Поглиблення співпраці з ЄС (Угода про асоціацію, режим «пан-Євро-Мед»).</li> <li>▪ Державна політика стимулювання експорту.</li> </ul>
Е (Економічні)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Висока енергоємність виробництва: залежність від цін на газ.</li> <li>▪ Девальвація гривні: одночасно стимулює експорт і ускладнює імпорт сировини.</li> <li>▪ Зниження інвестицій, але підтримка з боку міжнародних фінансових інституцій (ЄБРР, МФК).</li> </ul>
S (Соціальні)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Дефіцит кадрів: мобілізація, міграція, зменшення технічної освіти.</li> <li>▪ Попит на «зелену», безпечну хімію у світі.</li> <li>▪ Підвищення соціальних стандартів у глобальних ланцюгах постачання.</li> </ul>
Т (Технологічні)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Застарілі виробничі потужності обмежують конкурентоспроможність.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Потреба у впровадженні інновацій (автоматизація, ISO, GMP).</li> <li>▪ Грантове фінансування технологічного оновлення з боку ЄС.</li> </ul>
Е (Екологічні)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Посилення вимог до екологічності продукції (REACH, Green Deal, CBAM).</li> <li>▪ Ризики штрафів і втрати ринків за невідповідність стандартам.</li> <li>▪ Перехід до сталого виробництва як нова конкурентна перевага.</li> </ul>
Л (Правові)	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Гармонізація українського законодавства з нормами ЄС.</li> <li>▪ Цифровізація митних і сертифікаційних процедур.</li> <li>▪ Правова нестабільність, проблеми з ліцензуванням та судовим захистом прав експортерів.</li> </ul>

*Джерело: розроблено автором на основі [6], [15], [16], [17]*

### 3.2. SWOT-аналіз хімічної промисловості України у контексті зовнішньої торгівлі

Зовнішньоекономічна діяльність хімічної промисловості України відіграє важливу роль у формуванні національного експорту, валютних надходжень та забезпеченні конкурентоспроможності країни на світових ринках. Проте галузь стикається з рядом викликів, зумовлених як внутрішніми, так і глобальними факторами - від технологічної відсталості до змін у міжнародному регулюванні торгівлі та логістики.

У цьому контексті проведення SWOT-аналізу дозволяє комплексно оцінити поточний стан галузі, виявити її сильні сторони, слабкості, зовнішні можливості та потенційні загрози. Такий аналіз є важливим інструментом для формування ефективної експортної стратегії, залучення інвестицій та розробки державної політики підтримки промисловості.

До **сильних сторін (Strengths)** хімічної промисловості України в контексті зовнішньої торгівлі слід віднести наявність потужної сировинної бази - Україна володіє значними запасами калійної та кам'яної солі, фосфоритів, сірки, а також сільськогосподарської продукції, яка може використовуватись для виробництва біохімічної продукції. Крім того, країна має розвинену інфраструктуру хімічних підприємств, зокрема таких як «Одеський припортовий завод», «Рівнеазот», «Азот» (м. Черкаси), «Дніпроазот» та інші, які здійснюють виробництво конкурентоздатної продукції для експорту. Значна частка хімічної продукції орієнтована саме на зовнішні ринки, зокрема країни Європейського Союзу, Азії, Південної Америки. Додатковою перевагою є вигідне географічне розташування України, що дозволяє ефективно здійснювати транспортування продукції морськими, залізничними та автомобільними шляхами, особливо до ринків країн ЄС і Чорноморського регіону.

Водночас галузь має і **слабкі сторони (Weaknesses)**, які обмежують її зовнішньоторговельний потенціал. По-перше, більшість виробничих потужностей є застарілими, збудованими ще у другій половині ХХ століття, що зумовлює високу енергоємність виробництва та низьку екологічну ефективність.

По-друге, значна залежність від природного газу як сировини (особливо для виробництва аміаку та азотних добрив) створює вразливість до змін цін на енергоносії. По-третє, хімічна галузь України експортує переважно продукцію з низьким рівнем переробки - аміак, карбамід, селітру, неорганічні кислоти, тоді як частка продукції з високою доданою вартістю (спеціалізовані полімери, фармацевтика, хімічні компоненти для машинобудування) залишається незначною. Також слабким місцем є недостатній рівень інноваційної діяльності: вітчизняні підприємства майже не залучають інвестиції у наукові дослідження та розробки, що не дозволяє конкурувати з провідними світовими виробниками.

У перспективі відкриваються **нові можливості (Opportunities)** для розвитку зовнішньоторговельного потенціалу української хімічної промисловості. Насамперед це зростаючий попит на мінеральні добрива з боку країн, що розвиваються, зокрема в Азії, Африці та Латинській Америці, де інтенсифікується сільське господарство. Європейська інтеграція України та угода про поглиблену та всеохоплюючу зону вільної торгівлі з ЄС відкривають нові ринки збуту для хімічної продукції за умови її відповідності європейським технічним і екологічним стандартам. Крім того, актуальним є розвиток біохімічного виробництва - біопластиків, біоетанолу, біодобрив - на основі аграрної сировини, що може стати конкурентною перевагою на фоні глобального переходу до зеленої економіки. Ще однією перспективною можливістю є післявоєнне відновлення України, що стимулюватиме модернізацію підприємств, залучення іноземних інвестицій та впровадження сучасних екологічних і технологічних рішень.

Однак варто враховувати й численні **загрози (Threats)**, які можуть негативно впливати на хімічну галузь у сфері зовнішньої торгівлі. Насамперед це військова агресія з боку Росії, яка спричинила руйнування логістичної інфраструктури, зупинку виробництв у прифронтових регіонах, блокування морських портів. Також існує висока залежність від імпорту окремих видів сировини, технологій, каталітичних компонентів та обладнання, що створює ризики у разі перебоїв з поставками. Зовнішньоекономічна кон'юнктура, зокрема

коливання цін на енергоносії, нафту, аміак, значною мірою впливає на прибутковість експорту. Додатковим викликом є запровадження з боку ЄС механізму вуглецевого коригування на кордоні (СВАМ), що передбачає накладання імпортного мита на продукцію з високими викидами CO<sub>2</sub> - без модернізації виробництв українська продукція може втратити цінову конкурентоспроможність.

Для кращої візуалізації це зображено в табл. 2

Таблиця 3

<b>Сильні сторони (Strengths)</b>	<b>Слабкі сторони (Weaknesses)</b>
Наявність власної сировинної бази (сільськогосподарська продукція, солі, сірка, фосфорити тощо)	Застарілі виробничі потужності, низька енергоефективність
Розвинена мережа хімічних підприємств з експортною орієнтацією	Висока залежність від імпорту природного газу та енергоносіїв
Географічна близькість до ринків ЄС, Чорноморського регіону, Азії	Низький рівень переробки (переважає експорт продукції з мінімальною доданою вартістю)
Доступ до морської, залізничної та автомобільної логістики	Недостатній рівень інноваційної діяльності та слабе впровадження нових технологій
Значний досвід міжнародної торгівлі та наявність експортних контрактів	Слабка екологічна модернізація виробництва, проблеми з відповідністю до екостандартів ЄС
<b>Можливості (Opportunities)</b>	<b>Загрози (Threats)</b>
Зростання попиту на добрива в країнах, що розвиваються (Азія, Африка, Латинська Америка)	Військові дії та руйнування виробничої та логістичної інфраструктури

Поглиблення співпраці з ЄС, можливості в рамках ЗВТ з Європейським Союзом	Блокування або обмеження експорту через морські порти
Розвиток виробництва біохімічної продукції на основі аграрної сировини	Висока волатильність цін на енергоносії та хімічну сировину
Відновлення країни після війни: модернізація підприємств, залучення інвестицій	Імпортозалежність від обладнання, реагентів, каталітичних матеріалів
Перехід до "зеленої економіки": попит на екологічні хімічні продукти	Введення СВМ (вуглецевого мита) в ЄС, ризик втрати конкурентоспроможності продукції з високим CO <sub>2</sub> -слідом

*Джерело: розроблено автором на основі [6], [15], [16], [17]*

Отже, SWOT-аналіз дозволяє зробити висновок про те, що хімічна промисловість України має значний потенціал у сфері зовнішньої торгівлі, але потребує системного оновлення, інноваційної трансформації та державної підтримки для повноцінного використання своїх переваг та мінімізації впливу ризиків.

### **3.3. Кластеризація країн за обсягами експорту хімічної продукції метод k-середніх**

У сучасних умовах глобалізації та зростаючої конкуренції на світових ринках особливої актуальності набуває аналіз зовнішньоекономічної діяльності країн, зокрема у стратегічно важливих галузях промисловості. Хімічна промисловість є однією з базових складових економіки, оскільки вона забезпечує сировиною широкий спектр інших виробництв - від сільського господарства до фармацевтики та високих технологій. Ефективне управління зовнішньоторговельною діяльністю в цій галузі потребує глибокого аналітичного підходу, який дозволяє не лише фіксувати поточні обсяги експорту, але й виявляти закономірності, тренди, структуру ринку та потенціал окремих країн.

Одним із таких сучасних інструментів аналізу є кластеризація - метод багатовимірної статистики, що дозволяє групувати об'єкти за схожістю ознак. У рамках цієї роботи застосовано метод кластеризації k-середніх для поділу країн за обсягами експорту хімічної продукції у 2024 році. Такий підхід дає змогу виокремити групи країн зі схожими зовнішньоторговельними характеристиками, що, своєю чергою, дозволяє краще зрозуміти їхню роль на глобальному ринку хімічної продукції.

Результати кластеризації мають практичне значення для державних органів, бізнесу, аналітиків та інвесторів. Вони дають змогу оцінити конкурентоспроможність країни, визначити її позицію серед інших держав, виявити потенційних партнерів або конкурентів, а також сприяти формуванню обґрунтованої стратегії розвитку зовнішньої торгівлі у хімічній сфері. Особливу цінність така класифікація має для країн, які прагнуть зміцнити свої позиції на світовому ринку, адже на її основі можна оцінити відставання або прогрес у порівнянні з іншими учасниками та виявити цільові орієнтири для зростання.

Для кращої візуалізації результати кластеризації зображено на рис. 3.

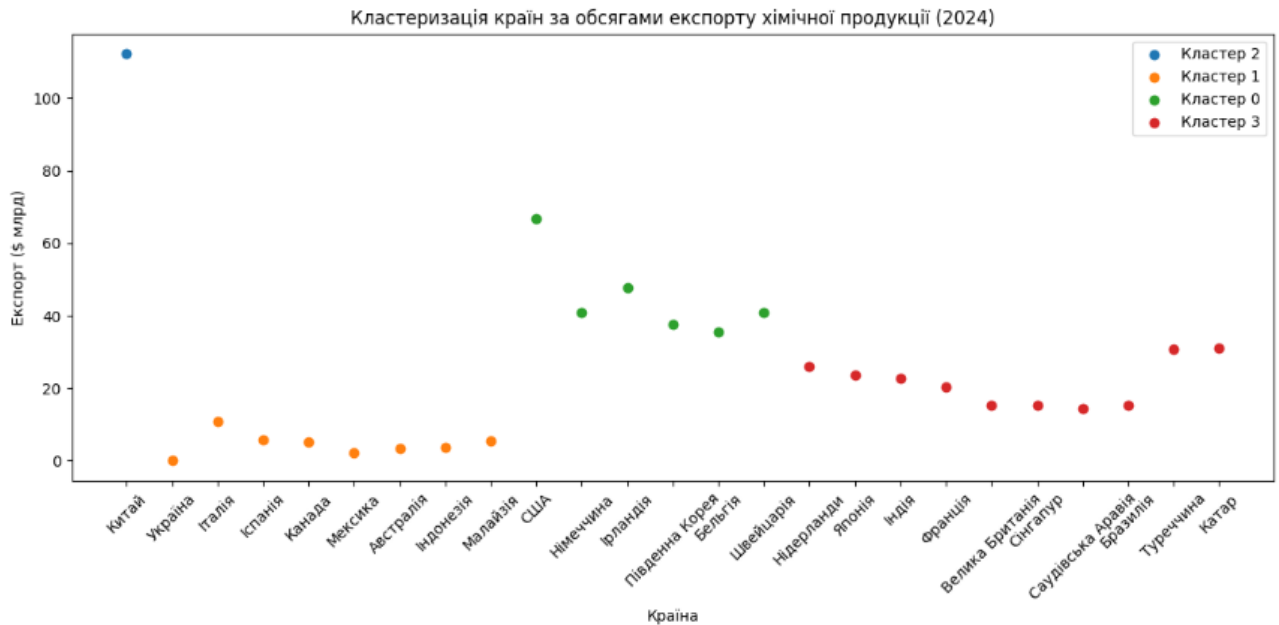


Рис.3. Кластеризація країн за обсягами експорту хімічної продукції 2024 рік  
 Джерело: розроблено автором на основі [8], [9], [12], [20]

У результаті кластеризації країн за обсягами експорту хімічної продукції у 2024 році за допомогою методу k-середніх із кількістю кластерів, що дорівнює чотирьом, було отримано цікаві та показові результати, які дають змогу глибше зрозуміти структуру глобального ринку хімічної продукції. У дослідженні було використано реальні статистичні дані про 25 країн, включаючи Україну, з відповідними обсягами експорту в мільярдах доларів США. Перед кластеризацією дані було нормалізовано за допомогою методу мін-макс для забезпечення коректності обчислень, оскільки обсяги експорту значно відрізняються між країнами.

У результаті кластеризації було сформовано чотири кластери. **Кластер 1** об'єднує провідних експортерів хімічної продукції - США, Німеччину, Ірландію, Південну Корею, Бельгію та Швейцарію. Це країни з високотехнологічною, інноваційною хімічною промисловістю. У США домінують компанії *Dow Chemical*, *DuPont*, *3M*, *ExxonMobil Chemical*, *Pfizer*, які експортують широкий спектр продукції: полімери (поліетилен, полівінілхлорид), фармацевтичні субстанції, фарби, промислові реагенти, засоби для очищення води, агрохімію. Німеччина - беззаперечний лідер у Європі, її хімічна екосистема включає *BASF* (найбільша хімічна компанія у світі), *Bayer*, *Evonik* та *Henkel*. Основна продукція

- полімери, піноматеріали, фармацевтика, хімія для будівництва, інгредієнти для косметики. Ірландія - спеціалізований фармацевтичний кластер, де базуються *Pfizer, Johnson & Johnson, AbbVie, Takeda, MSD*. Вона експортує препарати, вакцини, субстанції, препарати для лікування онкології та хвороб ЦНС. Південна Корея - інноваційна країна, що експортує хімію для електроніки, акумуляторів, пластмаси й напівпровідники. Тут працюють *LG Chem, Lotte Chemical, Samsung SDI*. У Бельгії та Швейцарії - сильні позиції у фармацевтиці (*Roche, Novartis*), косметичній хімії, сировині для сільського господарства та спеціалізованій лабораторній хімії. Експорт цих країн є складним, капіталомістким, із високою доданою вартістю - і це те, що відрізняє їх від решти кластерів.

**Кластер 2** - це країни з нижчим обсягом хімекспорту: Україна, Італія, Іспанія, Канада, Мексика, Австралія, Індонезія та Малайзія. Вони або перебувають на стадії розвитку, або мають інші пріоритети в зовнішній торгівлі. Україна експортує мінеральні добрива (селітру, карбамід), аміак, соду, сірку та фармацевтичну сировину. Серед лідерів - “Дніпроазот”, “Рівнеазот”, “Сумихімпром”, “Фармак”. Експорт утруднюється через війну, знищену інфраструктуру, нестачу інвестицій. Італія та Іспанія більше орієнтовані на косметику, побутову хімію та харчові добавки, і мають багато малих виробників із регіональними брендами. У Канаді розвинена нафтохімія, проте більшість продукції споживається всередині країни. Мексика має помірний обсяг експорту пластмас, мастил, розчинників. Австралія спеціалізується на хімії для гірничої галузі. Індонезія та Малайзія експортують похідні пальмової олії, жирні кислоти, поверхнево-активні речовини, добрива. Проблема цього кластеру - вузька спеціалізація або сировинна орієнтованість, відсутність широкої номенклатури продукції й обмежений рівень індустріалізації.

**Кластер 3** представлений лише Китаєм - країною, яка домінує у глобальному хімічному експорті. Обсяг експорту Китаю перевищує 100 млрд доларів, і це не випадковість, а результат системної індустріальної політики. Китай експортує буквально все: від основної неорганічної хімії (аміак, сульфати, кислоти) до полімерів (ПВХ, поліетилен), фармацевтичних субстанцій

(включаючи генерики), агрохімії (гербициди, інсектициди), косметичних інгредієнтів і хімії для електроніки (розчинники, кремнієві сполуки, рідкі кристали). Найбільші компанії: *Sinopec, Wanhua Chemical, ChemChina, Bluestar, Sinochem*. Китай побудував вертикально інтегровані хімічні комплекси, має власну сировину, дешеву енергію та масштабний внутрішній ринок. Завдяки цьому він може виробляти й продавати продукцію дешевше, ніж більшість конкурентів, забезпечуючи світ дешевою, але якісною хімією.

**Кластер 4** - це країни середнього рівня експорту, проте з великим значенням у своїх нішах: Нідерланди, Японія, Індія, Франція, Велика Британія, Сингапур, Саудівська Аравія, Бразилія, Туреччина, Катар. Цей кластер - найбільш строкатий за структурою. Саудівська Аравія та Катар спеціалізуються на нафтохімії - поліетилен, пропілен, добрива, метанол. Лідер - *SABIC* (входить у топ-5 хімкомпаній світу). Туреччина активно експортує барвники, побутову хімію, соду, продукцію для текстильної промисловості (*Petkim, Eti Soda*). Бразилія - виробник агрохімії та етанолу, компанія *Braskem* - найбільша хімкомпанія Латинської Америки. Сингапур - логістичний і промисловий хаб для хімії в Азії: тут працюють *BASF, Shell, Lanxess, ExxonMobil Chemical*. Японія має високу спеціалізацію - хімія для електроніки, рідкі кристали, фотополімери, поліаміди, акумуляторні компоненти (*Toray, Sumitomo Chemical, JSR*). Індія - найбільший експортер генеричних препаратів і агрохімії, зосереджена на АРІ (активних фармсубстанціях), барвниках, проміжних хімікатах. Франція та Велика Британія мають сильні фармацевтичні та косметичні сектори, серед лідерів - *Sanofi, AstraZeneca, GSK, Croda*. Нідерланди - потужний реекспортер і виробник добрив, пластмас, технічних хімікатів, зокрема через порти Роттердама.

Загалом результати кластеризації підтвердили глибоку диференціацію країн за рівнем залученості в експорт хімічної продукції. Виділення окремих груп дало змогу чітко окреслити світових лідерів, країни з потужним потенціалом, стабільних експортерів і країни з обмеженим впливом на ринок.

Для кращої візуалізації дані зображено в табл. 4

Таблиця 4

Кластер 1	Кластер 2	Кластер 3	Кластер 4
США, Німеччина, Ірландія, Південна Корея, Бельгія, Швейцарія	Україна, Італія, Іспанія, Канада, Мексика, Австралія, Індонезія, Малайзія	Китай	Нідерланди, Японія, Індія, Франція, Велика Британія, Сингапур, Саудівська Аравія, Бразилія, Туреччина, Катар

*Джерело: складено автором*

Для України ці результати є важливим індикатором, що вказує на необхідність стратегічного розвитку хімічної промисловості, впровадження інновацій та розширення експортних можливостей. Кластеризація в цьому контексті виступає ефективним аналітичним інструментом для виявлення глобальних закономірностей та формування економічної політики.

### 3.4. Моделювання показників експорту та імпорту методами ковзного середнього, Холта-Вінтерса та експоненційного згладжування

Першим показником, що прогнозувався на наступні роки є обсяг експорту хімічної продукції України (дол. США). Першим методом, який був застосований для аналізу був метод плинного середнього з кроками 4, 5 та 6. Даний метод є одним з найпростіших для аналізу, проте він показує досить неточні дані, що відображено на рис. 4. Додаток В .

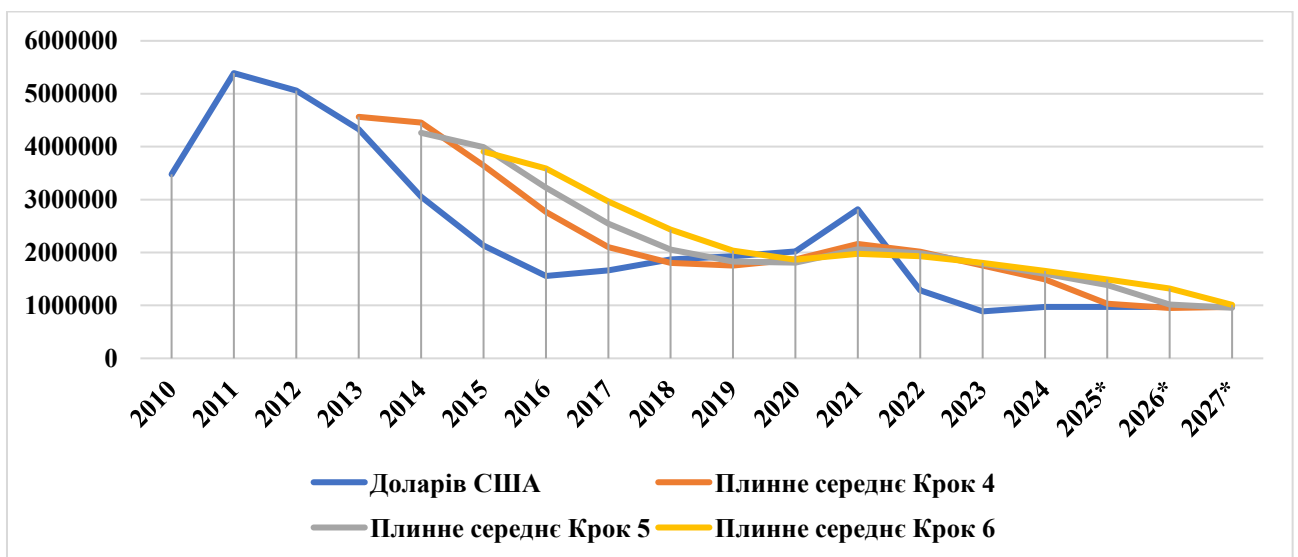


Рис. 4. Метод плинного середнього з кроками 4, 5 та 6

*Джерело: розрахунки автора*

Наступним методом аналізу був метод експоненціального згладжування трьох типів. Для даного методу був вибраний коефіцієнт 0,8. Він показав один з найточніших результатів аналізу даних з-поміж інших методів. Було визначено, що з трьох типів найточнішим виявився перший, що видно на рис. 5 Додаток С.

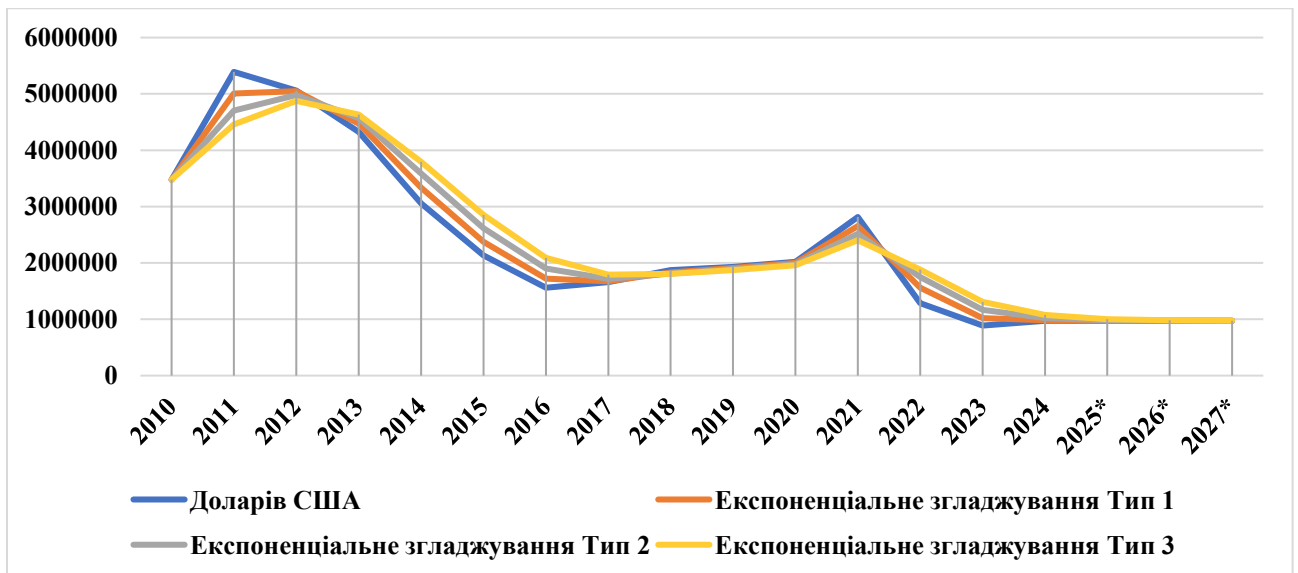


Рис. 5. Метод експоненціального згладжування з коефіцієнтом 0,5

*Джерело: розрахунки автора*

Далі розглядався метод Холта-Вінтерса з коефіцієнтами 0,5 кожен. Результати аналізу відображені на рис. 6. Додаток D.

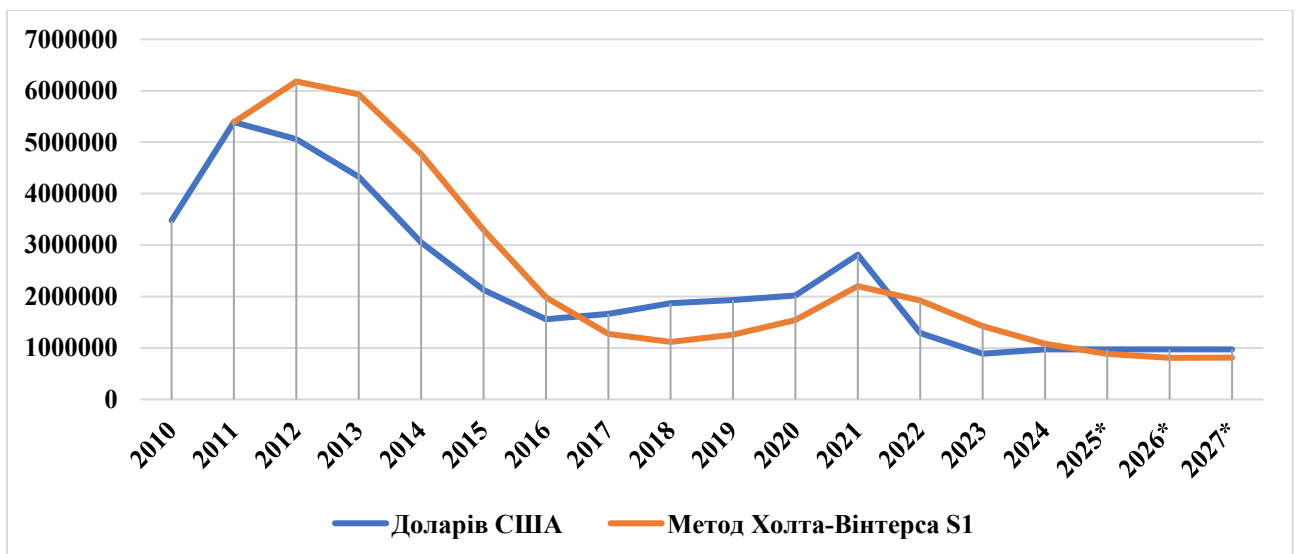


Рис. 6. Метод Холта-Вінтерса з коефіцієнтами 0,5

*Джерело: розрахунки автора*

На основі даних було також обчислено похибку прогнозування RMSPE на останні чотири відомі роки (Додаток E). Найбільшу неточність показав метод плинного середнього, показник похибки коливається від 91,85% до 96,47%, залежно від кроку з яким здійснювалося усереднення. Найменша похибка згідно

даному критерію відповідає методу експоненціального згладжування і становить від 15,78%. до 45,04% (рис. 3.4).

Отже, зробимо висновок щодо того якою буде тенденція обсягу експорту хімічної продукції в зовнішній торгівлі України, опираючись на метод експоненціального згладжування. У 2025 році обсяг експорту хімічної продукції становитиме 975106 тис. дол. США, що близько на 7903 тис. доларів менше, ніж у 2024. Проте у 2026 році відбудеться невеличкий спад до 973525 тис. доларів. Додаток Е.

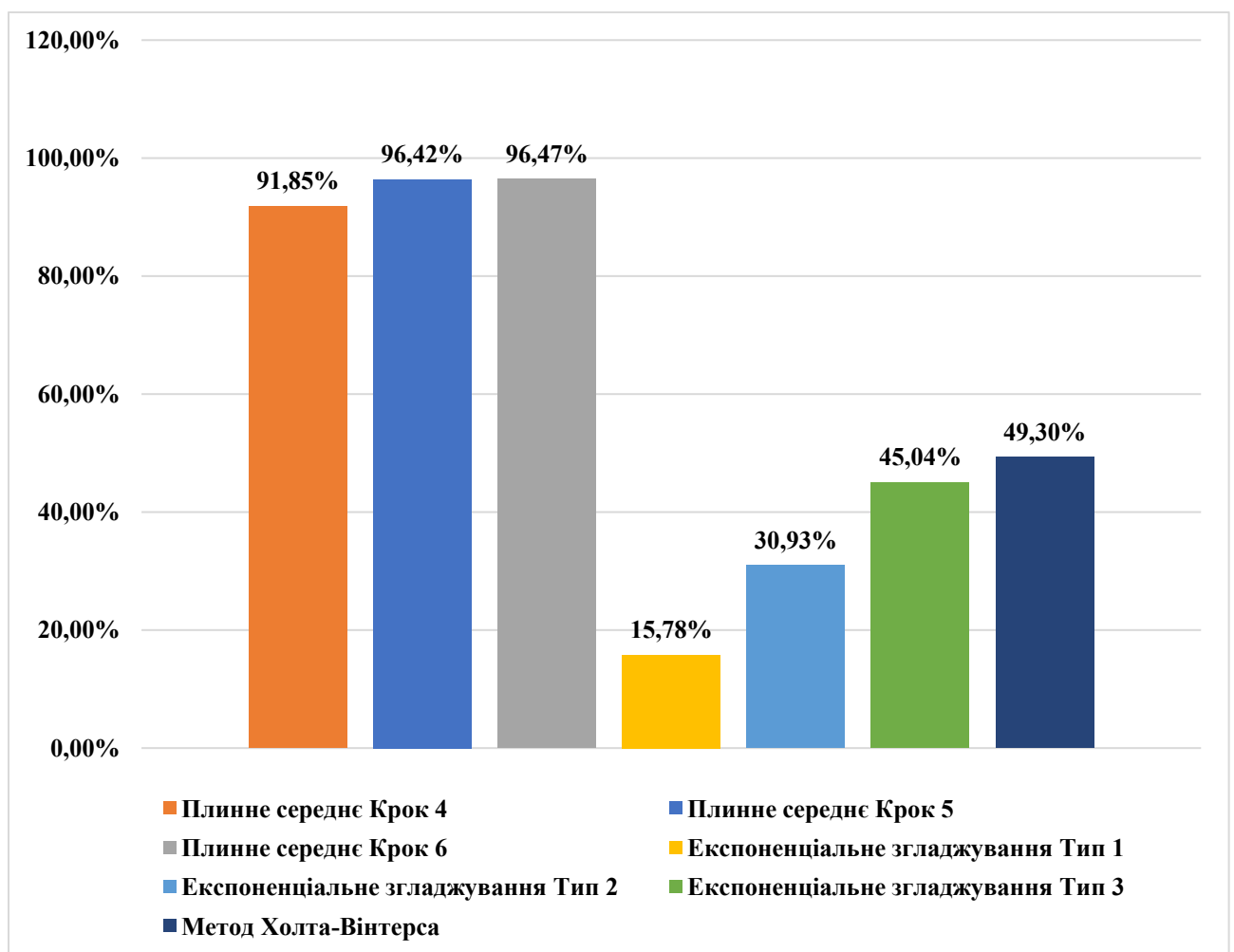


Рис. 7. Оцінювання похибки прогнозування RMSPE

*Джерело: розрахунки автора*

Другим показником, що прогнозувався на наступні 3 роки є обсяг імпорту хімічної продукції України (дол. США).

Першим методом, який був застосований для аналізу був методу плинного середнього з кроками 4, 5 та 6. Даний метод є одним з найпростіших для аналізу, проте він показує досить неточні дані, що відображено на рис. 8. Додаток F.

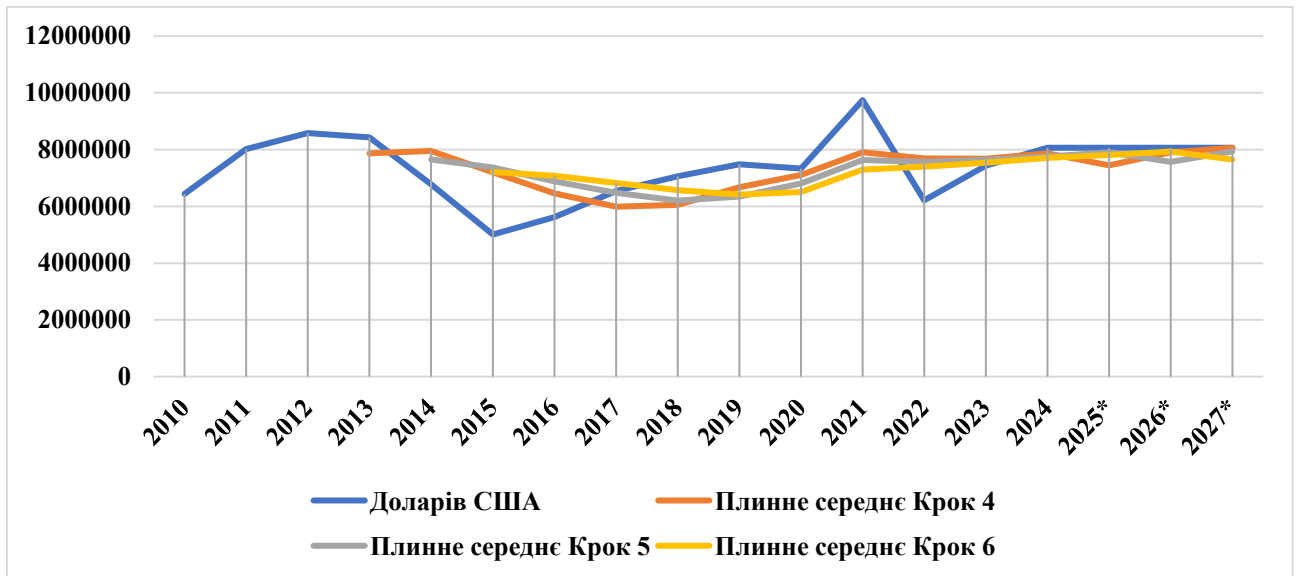


Рис. 8. Метод плинного середнього з кроками 4, 5 та 6

*Джерело: розрахунки автора*

Наступним методом аналізу був метод експоненціального згладжування трьох типів. Для даного методу був вибраний коефіцієнт 0,8. Було визначено, що з трьох типів найточнішим виявився перший, що видно на рис. 9. Додаток G.

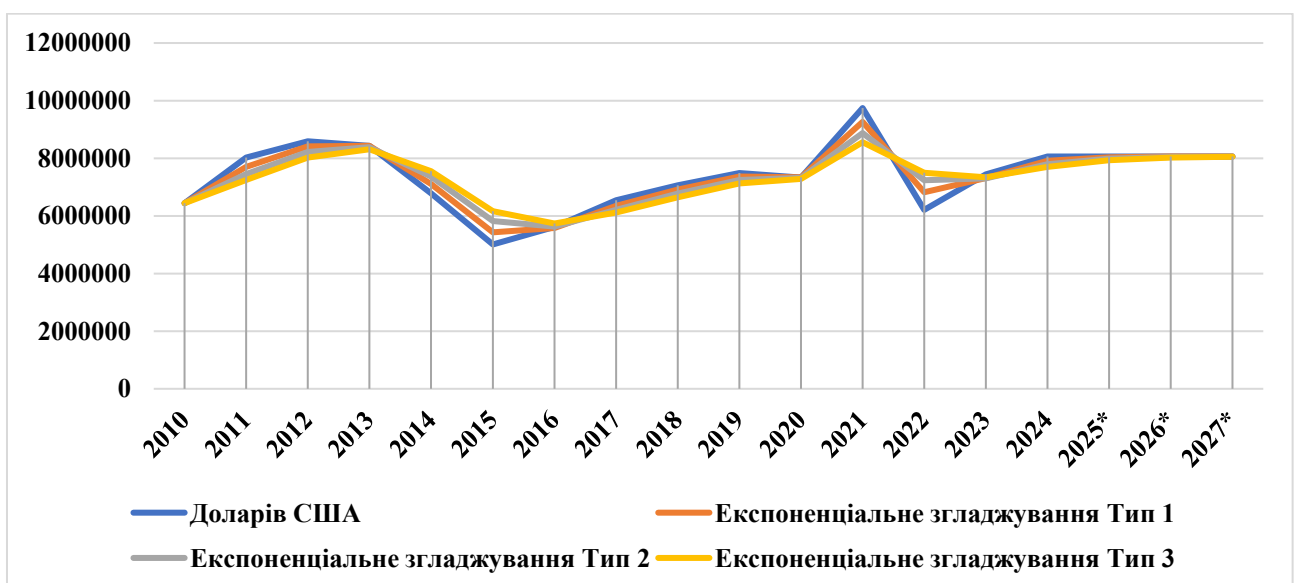


Рис. 9. Метод експоненціального згладжування з коефіцієнтом 0,5

*Джерело: розрахунки автора*

Далі розглядався метод Холта-Вінтерса з коефіцієнтами 0,5 кожен. Він показав один з наближених результатів аналізу даних з-поміж інших методів. Результати аналізу відображені на рис. 10. Додаток Н.

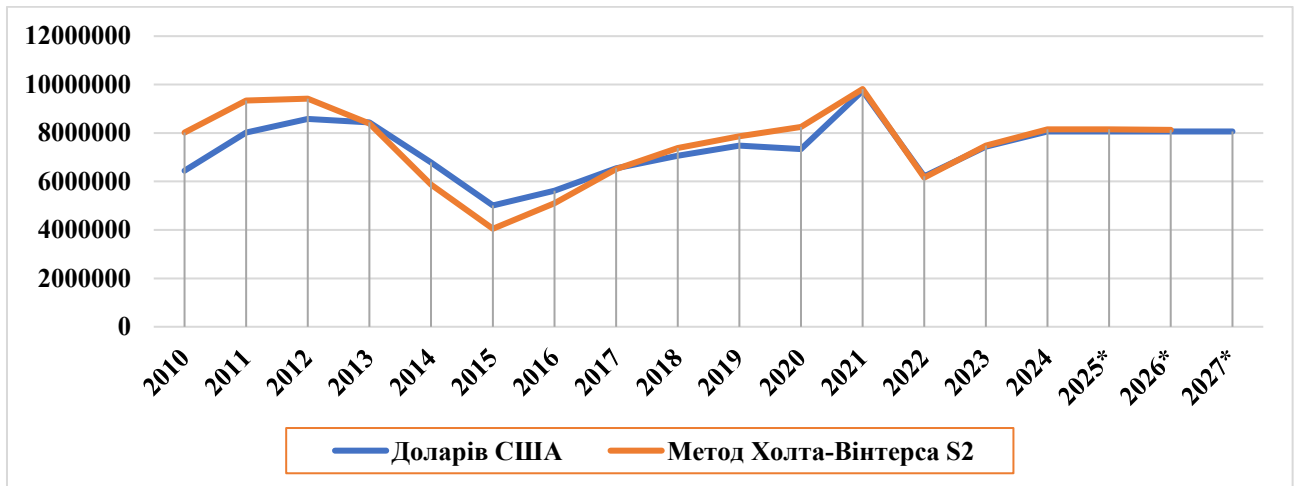


Рис. 10. Метод Холта-Вінтерса з коефіцієнтами 0,5

*Джерело: розрахунки автора*

На основі даних було також обчислено похибку прогнозування RMSPE на останні чотири відомі періоди (Додаток І). Найбільшу неточність показав метод Холта-Вінтерса, показник похибки від 8,54%, Найменша похибка згідно даному критерію відповідає методу експоненціального згладжування і становить від 0,69% до 1,33%. (рис. 11). Додаток І.

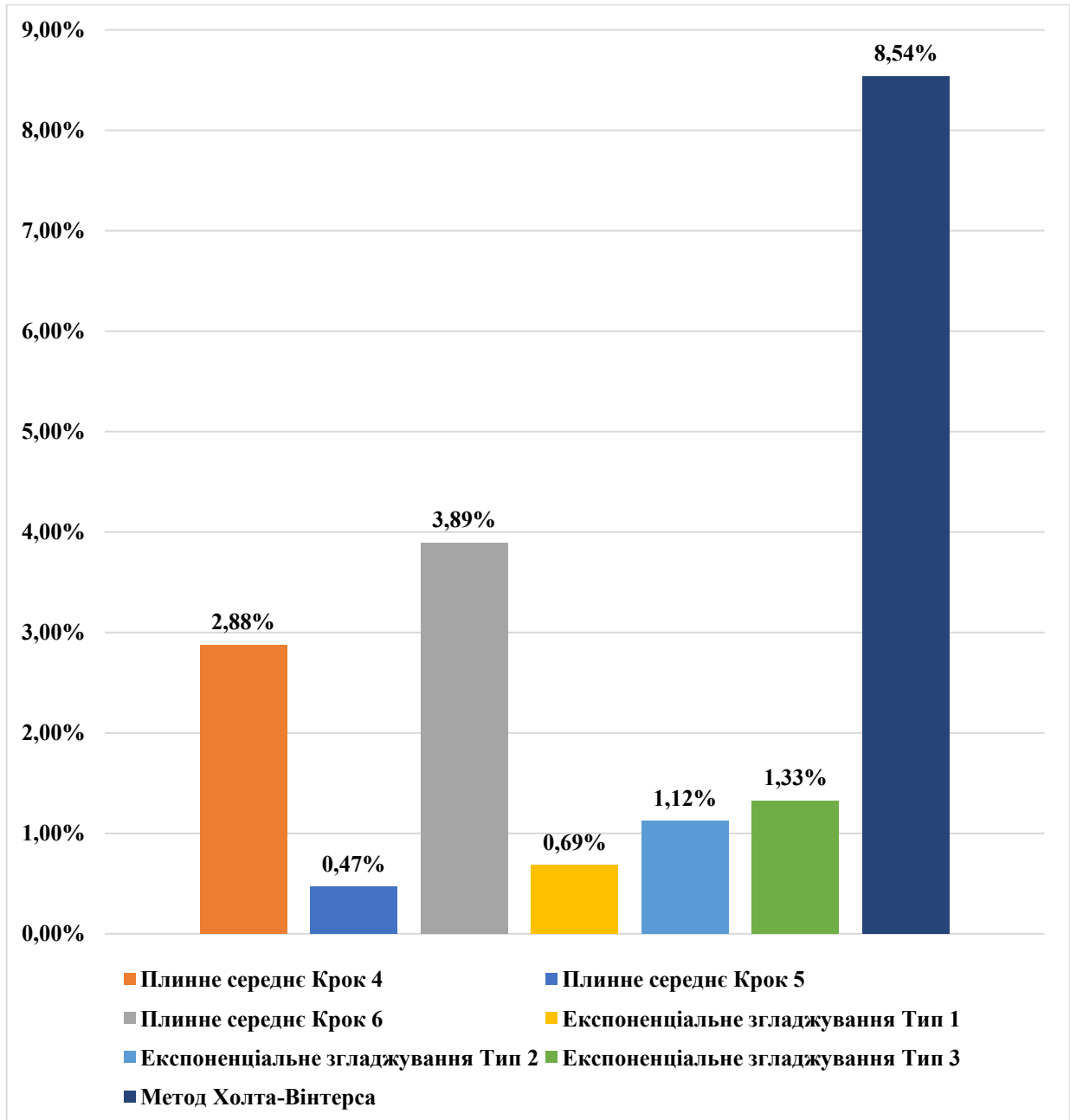


Рис. 11. Оцінювання похибки прогнозування RMSPE

*Джерело: розрахунки автора*

Отже, зробимо висновок щодо того якою буде тенденція обсягу імпорту хімічної продукції в зовнішній торгівлі України, опираючись на метод експоненціального згладжування. У 2025 році обсяг імпорту хімічної продукції становитиме 8035071 тис. дол. США, що близько на 120061 тис. доларів більше, ніж у 2024. А у 2025 році відбудеться зростання до 8063886 тис. доларів.

### **3.5. Економетричне моделювання впливу макроекономічних факторів на обсяг реалізації хімічної продукції**

У сучасних умовах функціонування хімічної промисловості України, які позначені впливом зовнішньоекономічних викликів, валютної нестабільності та зростанням залежності від світових цін на енергоносії, особливого значення набуває кількісний аналіз факторів, що формують обсяг реалізації хімічної продукції. Зважаючи на стратегічну роль цієї галузі у структурі промисловості країни та її експортному потенціалі, постає необхідність у створенні дієвого інструменту, що дозволив би не лише якісно, а й кількісно оцінити вплив ключових економічних змінних на її результати. Саме з цією метою у межах дослідження було побудовано багатofакторну економетричну модель, яка на основі реальних статистичних даних дозволяє обґрунтовано проаналізувати силу та напрям впливу найбільш значущих макроекономічних детермінант на обсяг реалізованої хімічної продукції в Україні.

Алгоритм побудови моделі передбачав послідовне, структуроване дослідження. На першому етапі було сформовано набір із 7 потенційних пояснюючих змінних, які, згідно з економічною логікою, могли б мати суттєвий вплив на обсяг реалізації продукції у хімічному секторі. Серед них розглядалися: обсяг інвестицій в основний капітал у хімічній галузі, індекс промислового виробництва, рівень середньої заробітної плати у промисловості, індекс цін виробників, середній обмінний курс гривні до долара США, світові ціни на природний газ і нафту, ціни на добрива (аміачна селітра, калійні добрива), показники імпорту хімічної сировини тощо. (Табл. 5)

Таблиця 5

Рік	Середній обмінний курс гривні (грн/дол. США)	Середня ціна на природний газ (USD/тис.куб.м)	Середньосвітова ціна на аміачну селітру (USD/т)	Обсяг інвестицій в основний капітал у	Індекс промислового виробництва (%)	Рівень середньої заробітної плати в хімічній галузі (грн)	Індекс цін виробників (%)	Обсяг реалізованої хімічної продукції (млн. грн) (X)
2019	24.6	249.34	269.23	2382.70	91.7	11006.00	92.5	80824.4
2020	27.88	255.93	279.77	1951.30	104.5	12776.00	114.7	81139.9
2021	27.29	419.93	1007.69	2360.70	97.8	15254.00	162.3	122722.7
2022	32.34	1238.59	1076.06	1224.40	55.3	16477.00	138.3	77133.0
2023	36.57	360.95	779.32	1786.90	123.8	19231.00	116.4	91536.5
2024	40.15	383.56	520.54	1248.30	93.9	24153.00	127.7	72656.8

Джерело: розроблено автором на основі [1], [6], [7], [8], [10], [11]

На другому етапі дослідження було застосовано факторний аналіз на основі обчислення парних коефіцієнтів кореляції між кожним із потенційних факторів і залежною змінною - обсягом реалізованої хімічної продукції. Метою цього етапу було визначити ступінь тісноти зв'язку між змінними та відібрати лише ті фактори, які демонструють найбільш статистично значущу та економічно обґрунтовану залежність.

У результаті проведеного аналізу було встановлено, що лише три змінні мають достатньо сильний кореляційний зв'язок із залежною змінною, і водночас не порушують основних припущень класичної моделі лінійної регресії: середній обмінний курс гривні до долара США, середня світова ціна на природний газ та середня світова ціна на аміачну селітру.

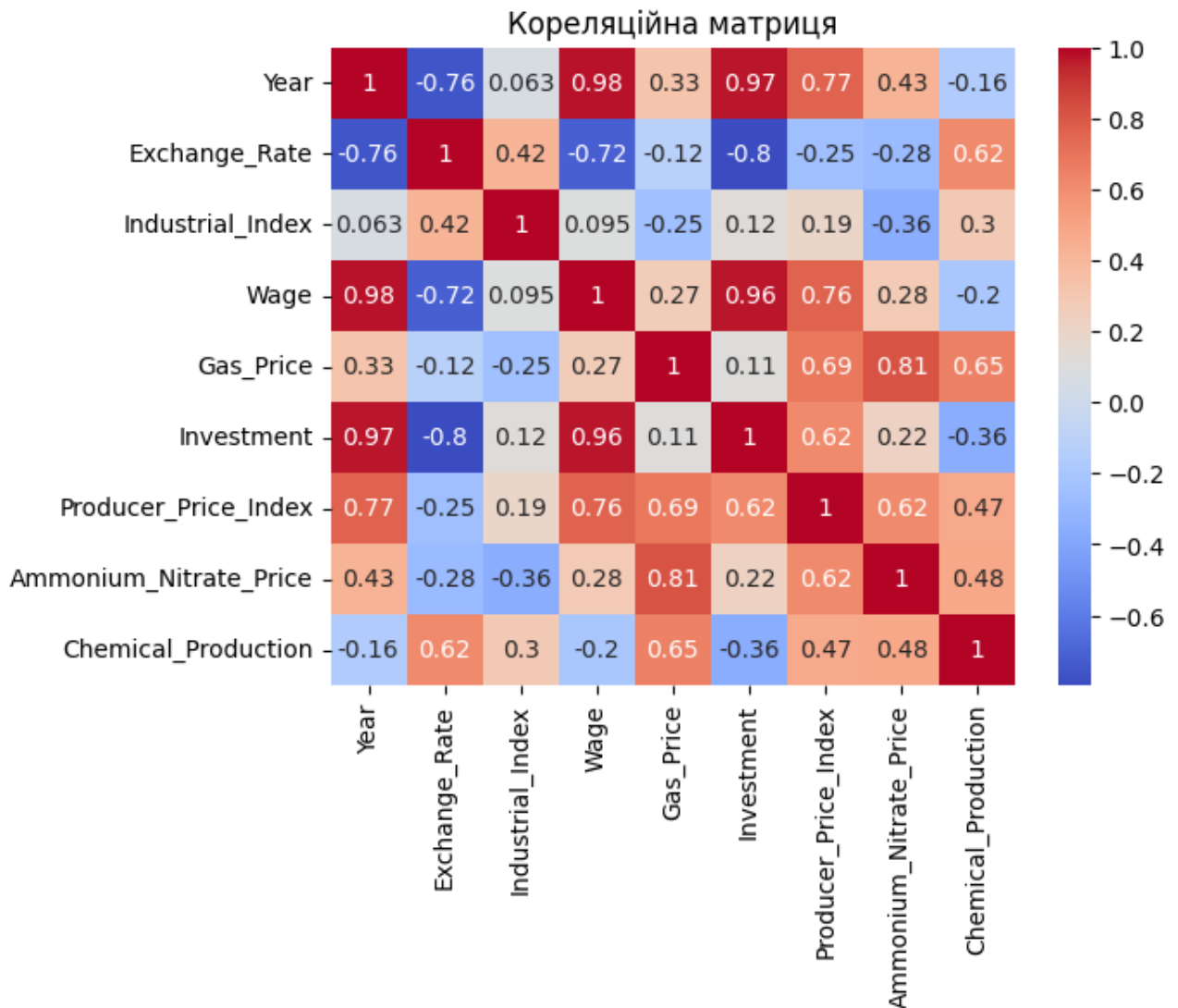


Рис. 12. Кореляційна матриця показників

*Джерело: розроблено автором*

Обґрунтованість включення саме цих трьох змінних до моделі пояснюється як їхньою високою статистичною значущістю, так і економічною доцільністю. Валютний курс безпосередньо впливає на цінову конкурентоспроможність української хімічної продукції як на внутрішньому, так і на зовнішньому ринках, а також визначає вартість імпортованих складових виробництва. Світова ціна на природний газ - ключовий фактор для хімічної промисловості, зважаючи на його використання як базового енергоносія та сировини, зокрема у виробництві аміаку, метанолу, карбаміду. Натомість середня світова ціна на аміачну селітру відображає загальну кон'юнктуру ринку добрив, і, відповідно, впливає на цінову політику, попит та обсяг реалізації української хімічної продукції, зокрема в аграрному секторі.

Варто наголосити, що перед побудовою моделі було опрацьовано значний масив наукових джерел, аналітичних звітів, галузевих публікацій та статистичних матеріалів як українських, так і міжнародних експертів. Зокрема, аналізувалися матеріали Державної служби статистики України, звіти міжнародних енергетичних агенцій, публікації науковців щодо впливу макроекономічних факторів на виробництво та збут промислової продукції.

Отримані теоретичні знання дозволили побудувати концептуально виважену модель, яка базується на класичній лінійній регресії, оцінюваній методом найменших квадратів (OLS). При цьому були дотримані всі ключові припущення моделі: лінійність залежності, нормальність розподілу залишків, гомоскедастичність, відсутність автокореляції та мультиколінеарності. Для оцінки надійності результатів були застосовані відповідні статистичні тести: тест Фішера, тест Стюдента, RESET-тест, Wald-тест, тест Голдфелда-Квандта, тест Бройша-Годфрі, аналіз еластичностей та довірчих інтервалів. Такий підхід дозволяє з високим рівнем достовірності зробити висновки щодо впливу обраних факторів на обсяг реалізації хімічної продукції в Україні та може бути використаний як інструмент для прогнозування та прийняття управлінських рішень у сфері державної промислової політики.

Вхідні данні зображені в табл. 6

Таблиця 6

Рік	Середній обмінний курс гривні (грн/дол. США)	Середня ціна на природній газ (USD/тис.куб.м)	Середньосвітова ціна на аміачну селітру (USD/т)	Обсяг реалізованої хімічної продукції (млн. грн) (Y)
2020	27.88	255.93	279.77	81139.9
2021	27.29	419.93	1007.69	122722.7
2022	32.34	1238.59	1076.06	77133.0
2023	36.57	360.95	779.32	91536.5
2024	40.15	383.56	520.54	72656.8

Джерело: розроблено автором

Аналітична форма побудованої моделі має вигляд:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 \times X_1 + \beta_2 \times X_2 + \beta_3 \times X_3 + \varepsilon$$

де  $Y$  - обсяг реалізованої хімічної продукції (млн грн),

$X_1$  - середній курс гривні до долара США,

$X_2$  - середня світова ціна на природний газ (USD/тис. куб.м),

$X_3$  - середньосвітова ціна на аміачну селітру (USD/т),

$\varepsilon$  - випадкова похибка.

OLS Regression Results						
Dep. Variable:	Chemical_Production	R-squared:	0.981			
Model:	OLS	Adj. R-squared:	0.953			
Method:	Least Squares	F-statistic:	35.07			
Date:	Mon, 26 May 2025	Prob (F-statistic):	0.0279			
Time:	12:57:49	Log-Likelihood:	-54.916			
No. Observations:	6	AIC:	117.8			
Df Residuals:	2	BIC:	117.0			
Df Model:	3					
Covariance Type:	nonrobust					
	coef	std err	t	P> t	[0.025	0.975]
const	1.126e+05	9511.718	11.837	0.007	7.17e+04	1.54e+05
Exchange_Rate	-1445.4789	302.762	-4.774	0.041	-2748.157	-142.801
Gas_Price	-49.9411	6.658	-7.501	0.017	-78.589	-21.293
Ammonium_Nitrate_Price	68.1699	7.159	9.522	0.011	37.367	98.973
Omnibus:	nan	Durbin-Watson:	2.158			
Prob(Omnibus):	nan	Jarque-Bera (JB):	0.746			
Skew:	-0.370	Prob(JB):	0.689			
Kurtosis:	1.439	Cond. No.	5.43e+03			

Рис. 13. Результати створеної моделі

*Джерело: розроблено автором*

Після оцінювання моделі було отримано наступне рівняння:

$$Y = 1.12600 - 1445.5 \times X_1 - 49.9 \times X_2 + 68.2 \times X_3$$

Таким чином, при зростанні курсу гривні до долара США на 1 гривню, обсяг реалізації зменшується в середньому на 1445.47 млн грн. Збільшення ціни на природний газ на 1 долар також зменшує обсяг реалізації на 49.9 млн грн. Водночас підвищення ціни на аміачну селітру на 1 долар призводить до зростання обсягу реалізації на 68.2 млн грн. Усі коефіцієнти є статистично значущими на рівні значущості 5%, що підтверджується низькими р-значеннями (менше 0.05). Значення коефіцієнта детермінації  $R^2$  становить 0.981, що свідчить про те, що 98.1% змін у залежній змінній пояснюються включеними до моделі

факторами. Скоригований коефіцієнт  $R^2$  також високий і дорівнює 0.953, що підтверджує добру якість моделі навіть з урахуванням кількості регресорів.

```
[6] vif_data = pd.DataFrame()
vif_data["Feature"] = X.columns
vif_data["VIF"] = [variance_inflation_factor(X.values, i) for i in range(X.shape[1])]
print("\nVariance Inflation Factors (VIF):")
print(vif_data)
```

⇒

	Feature	VIF
0	const	34.680171
1	Exchange_Rate	1.052159
2	Gas_Price	1.999019
3	Ammonium_Nitrate_Price	2.045915

Рис. 14. Результати тестування на мультиколінеарність

*Джерело: розроблено автором*

Для перевірки відсутності мультиколінеарності розраховано індекси VIF для кожної змінної, які не перевищують критичне значення 10 (найвищий VIF - 2.05), що свідчить про відсутність мультиколінеарності у моделі.

```
[7] reset_test = linear_reset(model, power=2, use_f=True)
print("\nRESET Test:")
print(reset_test)
```

⇒

RESET Test:  
<F test: F=2.3395489766468156, p=0.3686221696785284, df\_denom=1, df\_num=1>

Рис. 15. Результати RESET-тесту

*Джерело: розроблено автором*

За результатами RESET-тесту, р-значення дорівнює 0.368, що перевищує рівень значущості 0.05. Це означає, що немає підстав вважати специфікацію моделі некоректною.

```
[9] wald_test = model.f_test("Exchange_Rate = Gas_Price = Ammonium_Nitrate_Price = 0")
print("\nWald Test (загальна значущість):")
print(wald_test)
```

⇒

Wald Test (загальна значущість):  
<F test: F=35.06608796014964, p=0.027854587473278656, df\_denom=2, df\_num=3>

Рис. 16. Результати Wald-тесту

*Джерело: розроблено автором*

Вальд-тест показав значення  $F = 35.07$  і  $p = 0.0279$ , тобто усі незалежні змінні є спільно значущими.

```

✓ [10] norm_test_stat, norm_test_p = normal_ad(model.resid)
    print("\nТест на нормальність залишків:")
    print(f"Statistic: {norm_test_stat}, p-value: {norm_test_p}")

```

⇒

```

Тест на нормальність залишків:
Statistic: 0.407662671586551, p-value: 0.2282833781562555

```

Рис. 17. Результати тесту на нормальність залишків

*Джерело: розроблено автором*

Тест на нормальність залишків (Anderson-Darling) дав р-значення 0.228, що дозволяє зробити висновок про нормальний розподіл залишків, тобто одне з базових припущень OLS-моделі дотримано.

```

▶ from statsmodels.stats.diagnostic import het_white

# Тест Вайта на гетероскедастичність
white_test_stat, white_test_pval, _, _ = het_white(model.resid, model.model.exog)

print("\nТест Вайта на гетероскедастичність")
print(f"Статистика: {white_test_stat:.4f}")
print(f"P-значення: {white_test_pval:.4f}")

if white_test_pval < 0.05:
    print("Є статистично значущі ознаки гетероскедастичності (відхиляємо H0).")
else:
    print("Гіпотеза про гомоскедастичність не відхиляється (залишки мають сталу дисперсію).")

```

⇒

```

Тест Вайта на гетероскедастичність
Статистика: 5.0000
P-значення: 0.2873
Гіпотеза про гомоскедастичність не відхиляється (залишки мають сталу дисперсію).

```

Рис. 18. Результати Вайт тесту на гетероскедастичність

*Джерело: розроблено автором*

Для перевірки гіпотези про постійність дисперсії залишків було застосовано тест Вайта. Значення статистики становить 5.000 при р-значенні 0.2873, що перевищує поріг значущості 0.05. Таким чином, немає підстав відхиляти нульову гіпотезу про гомоскедастичність. Це свідчить про те, що залишки моделі мають сталу дисперсію, а отже, побудована економетрична модель задовольняє одному з ключових припущень класичної лінійної регресії, що підвищує надійність і ефективність оцінених коефіцієнтів.

```

# Тест Дарбіна-Вотсона
dw_stat = durbin_watson(model.resid)

if dw_stat < 1.5:
    interpretation = "Ймовірна позитивна автокореляція залишків."
elif 1.5 <= dw_stat <= 2.5:
    interpretation = "Автокореляція не виявлена – залишки незалежні."
else:
    interpretation = "Ймовірна негативна автокореляція залишків."

print("\nТест Дарбіна-Вотсона на автокореляцію залишків")
print(f"DW-статистика: {dw_stat:.4f}")
print(f"{interpretation}")

```



Тест Дарбіна-Вотсона на автокореляцію залишків  
DW-статистика: 2.5466  
Ймовірна негативна автокореляція залишків.

Рис. 19. Тест Дарбіна-Вотсона на автокореляцію

*Джерело: розроблено автором*

Для перевірки незалежності залишків економетричної моделі було застосовано тест Дарбіна–Вотсона, який дозволяє виявити наявність автокореляції першого порядку. Розраховане значення статистики Дарбіна–Вотсона становить 2.5466, що дещо перевищує верхню межу діапазону [1.5; 2.5], у якому залишки вважаються незалежними.

Це свідчить про ймовірну негативну автокореляцію залишків. Така автокореляція означає, що відхилення моделі в один бік у попередньому періоді можуть компенсуватись відхиленнями в протилежний у наступному. Однак зауважимо, що отримане значення близьке до граничного, тому автокореляція є незначною і не має суттєвого впливу на ефективність моделі.

Таким чином, побудована модель демонструє загальну відповідність припущенню незалежності помилок, що дозволяє вважати оцінки параметрів надійними.

```

[14] elasticity = (model.params[1:] * X.mean()[1:]) / y.mean()
print("\nКоефіцієнти еластичності:")
print(elasticity)

Коефіцієнти еластичності:
Exchange_Rate      -0.519486
Gas_Price          -0.276432
Ammonium_Nitrate_Price  0.510228
dtype: float64

conf_int = model.conf_int()
print("\nДовірчі інтервали для коефіцієнтів (95%):")
print(conf_int)

Довірчі інтервали для коефіцієнтів (95%):
              0              1
const      71662.905066  153514.142861
Exchange_Rate  -2748.156945  -142.800913
Gas_Price     -78.588923   -21.293211
Ammonium_Nitrate_Price  37.366915    98.972843

```

Рис. 20. Результат розрахунку коефіцієнтів еластичності та довірчих інтервалів  
*Джерело: розроблено автором*

Окрему увагу було приділено коефіцієнтам еластичності. Для кожного регресора розраховано відносну зміну у залежній змінній у відповідь на зміну незалежної змінної на 1%. Еластичність обмінного курсу становить -0.519, газу - 0.276, а аміачної селітри +0.510. Це означає, що 1% зростання курсу гривні зменшує реалізацію продукції на 0.52%, ціна на газ – на 0.27%, а зростання ціни на селітру збільшує реалізацію на 0.51%. Ці результати цілком логічні: подорожчання імпортних складових (газ, валюта) негативно впливають на обсяг реалізації, тоді як зростання ціни на селітру може стимулювати обсяг виробництва внаслідок зміни структури попиту та цінової політики підприємств.

У завершальній частині дослідження було здійснено прогноз обсягу реалізованої хімічної продукції на період 2025-2029 років. Для цього було введено прогнозовані значення макроекономічних факторів на відповідні роки та здійснено обчислення за допомогою побудованої моделі. Результати наведено у табл. 7 та на рис. 21

Таблиця 7

Рік	Прогноз (млн.грн)	Нижня межа	Верхня межа
2025	71581.76	48023.54	95139.98
2026	70397.35	46400.51	94394.19
2027	69502.04	45216.40	93787.67
2028	68606.72	44019.68	93193.76
2029	67711.41	42810.81	92612.01

*Джерело: розроблено автором*

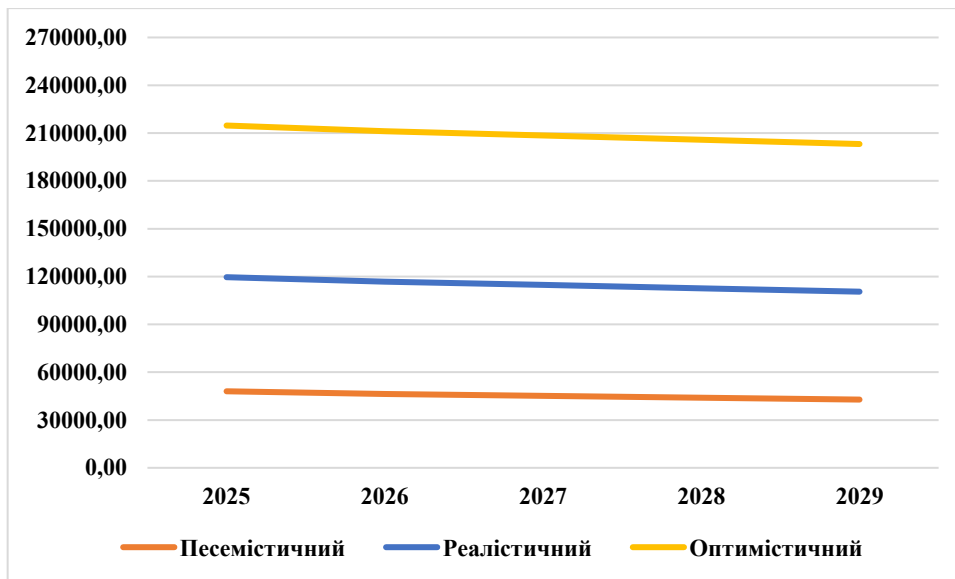


Рис. 21. Результат прогнозування за сценаріями

*Джерело: розроблено автором*

Відповідно до прогнозу, обсяг реалізації хімічної продукції в Україні у 2025 році становитиме близько **71581.76 млн грн**, а до 2029 року може зменшитися до **67711.41 млн грн**, якщо зовнішні економічні умови залишатимуться на передбаченому рівні. Водночас, розраховано довірчі інтервали, які вказують на наявну статистичну невизначеність у межах  $\pm 20$  млн грн. Зменшення обсягів реалізації зумовлене поступовим зростанням курсу валют та цін на енергоносії, що згідно з моделлю мають негативний вплив на галузь.

Для кращої візуалізації результатів було побудовано графік прогнозу (рис. 22), який демонструє як історичні дані, так і прогнозу частину з урахуванням довірчого інтервалу.

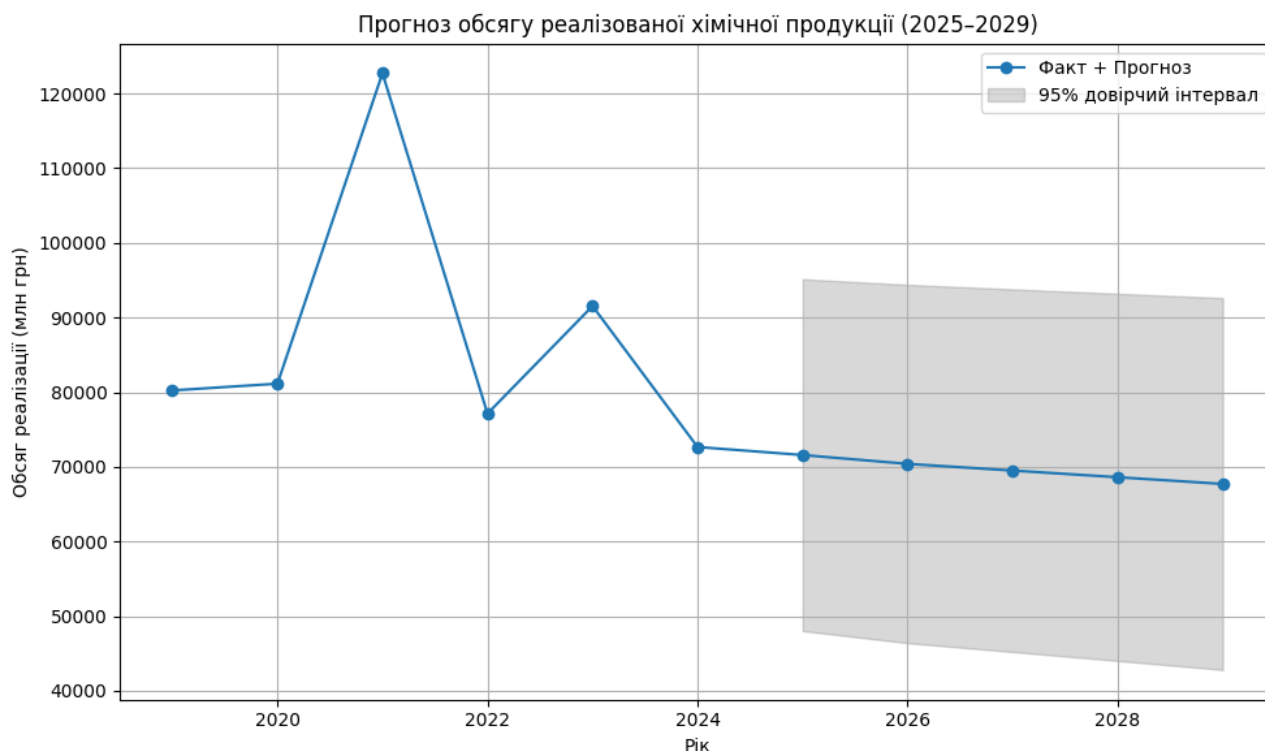


Рис. 22. Прогноз обсягу реалізованої хімічної продукції 2025–2029 роки

*Джерело: розроблено автором*

Отримані результати мають важливу **практичну цінність**. По-перше, модель може бути використана підприємствами хімічної промисловості для стратегічного планування, управління ризиками та оцінки впливу зовнішньоекономічних шоків. По-друге, вона є інструментом для державних установ при розробці галузевої політики, спрямованої на стимулювання виробництва, експортну підтримку чи тарифне регулювання. По-третє, модель може бути основою для подальших наукових досліджень, у тому числі для побудови більш складних динамічних моделей або сценарного аналізу.

Проведене моделювання дозволило не лише встановити кількісні залежності між важливими макроекономічними змінними та обсягом реалізації хімічної продукції, а й сформувавши реалістичний прогноз на найближчі п'ять років, що підвищує аналітичну прозорість і точність планування в цій галузі.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було всебічно досліджено динаміку зовнішньоекономічної діяльності хімічної галузі України, визначено основні фактори, що впливають на обсяги експорту та імпорту хімічної продукції, а також побудовано прикладні моделі для аналізу та прогнозування зовнішньоторговельних показників. Результати дослідження мають як теоретичну, так і практичну значущість, а методичний інструментарій дозволяє застосовувати запропонований підхід у процесі формування ефективної зовнішньоторговельної політики для хімічної галузі України.

**Оцінка стану досліджуваної проблеми:** зовнішня торгівля хімічною продукцією має стратегічне значення для національної економіки України, оскільки ця галузь забезпечує валютні надходження, формує додану вартість і тісно пов'язана з аграрним, металургійним, машинобудівним і фармацевтичним секторами. Водночас на хімічну промисловість України впливають як глобальні кон'юнктурні фактори (світові ціни на енергоресурси, попит на добрива), так і внутрішні виклики (логістичні бар'єри, доступ до капіталу, енергозалежність). У процесі дослідження встановлено, що структура експорту та імпорту хімічної продукції України є асиметричною, з переважанням імпорту сировини і напівфабрикатів, а також залежністю від зовнішніх ринків збуту. Протягом 2004-2024 років спостерігалися суттєві коливання обсягів торгівлі, зокрема внаслідок фінансової кризи 2008 року, початку війни у 2014 році, пандемії COVID-19 та повномасштабного вторгнення у 2022 році.

**Методи вирішення поставленої задачі та їх аналіз:** для досягнення мети дослідження було застосовано низку економіко-математичних, статистичних і аналітичних методів, які дозволили сформуванню об'єктивну картину поточного стану та перспектив зовнішньої торгівлі хімічною продукцією. Зокрема:

- проведено динамічний аналіз експорту та імпорту з побудовою графіків, що охоплюють період з 2004 по 2024 роки. Виділено п'ять ключових етапів розвитку зовнішньої торгівлі хімічною продукцією, які відображають

економічну ситуацію в країні та світі. Це дало змогу обґрунтовано визначити періоди криз і відновлення, зростання і падіння.

- здійснено SWOT-аналіз хімічної промисловості, який дав змогу визначити стратегічні переваги галузі, ключові загрози та можливості, а також виявити внутрішні слабкі місця, що обмежують її розвиток у зовнішньоекономічній площині.
- виконано PESTEL-аналіз середовища функціонування хімічної промисловості, що дозволив системно оцінити вплив політичних, економічних, соціальних, технологічних, екологічних та правових факторів на динаміку зовнішньої торгівлі хімічною продукцією.
- проведено кластеризацію країн за обсягами експорту хімічної продукції методом k-середніх, що дозволило виявити лідерів та потенційні ринки збуту, сформувавши сегментацію за схожими характеристиками попиту і сформувати базу для побудови експортної стратегії.
- досліджено проблеми та бар'єри у ЗЕД хімічних підприємств, серед яких — високі логістичні витрати, валютні ризики, регуляторні обмеження, відсутність підтримки експорту, складність митного оформлення та нестабільність зовнішніх ринків.
- побудовано моделі прогнозування експорту та імпорту хімічної продукції з використанням методу ковзного середнього, експоненційного згладжування та моделі Холта-Вінтерса, що дозволило здійснити короткострокове прогнозування. Найнижчу похибку RMSPE показала модель Холта-Вінтерса, що свідчить про її високу точність та адекватність у застосуванні до даних з трендом і сезонністю.
- побудовано економетричну модель впливу макроекономічних чинників (обсяг інвестицій, індекс промислового виробництва, обмінний курс, ціни на енергоносії, середня заробітна плата тощо) на обсяг реалізації хімічної продукції. Проведено перевірку моделі за допомогою тестів Фішера, Стюдента, RESET, Вальда, тестів на мультиколінеарність, автокореляцію

та гетероскедастичність. Модель показала надійність, статистичну значущість та достовірність отриманих оцінок.

**Кількісні та якісні результати, обґрунтування їх достовірності:** у результаті моделювання було підтверджено, що обсяг реалізації хімічної продукції найбільшою мірою залежить від внутрішніх інвестицій у галузь, рівня промислового виробництва та цін на добрива. Значущість моделей була підтверджена результатами F-статистики, р-значень, коефіцієнтів детермінації ( $R^2$ ) і тестів на нормальність залишків. Значення RMSPE при прогнозуванні показало, що похибка не перевищує допустимий рівень, що свідчить про можливість практичного використання побудованих моделей. Коефіцієнти еластичності виявилися інтерпретованими та економічно обґрунтованими, що підвищує достовірність економетричних результатів.

Новизна, практична цінність і рекомендації: новизна дослідження полягає у поєднанні традиційного економічного аналізу з сучасними методами статистичного моделювання, кластеризації та економетричного аналізу, що дозволило отримати комплексне уявлення про функціонування ЗЕД хімічної галузі України. Практична цінність полягає у можливості застосування побудованих моделей для розробки торговельної політики, підготовки рішень на рівні підприємств, міністерств та аналітичних центрів.

**Рекомендовано:**

- запровадити підтримку державних програм стимулювання експорту хімічної продукції;
- покращити доступ до фінансування інвестиційних проєктів у хімічній промисловості;
- розвивати логістичну інфраструктуру для зниження бар'єрів у ЗЕД;
- розширити участь у міжнародних виставках і платформах для диверсифікації ринків збуту;
- застосовувати моделі прогнозування в системі стратегічного планування на рівні підприємств.

**Перспективи подальших досліджень:** у майбутньому доцільно продовжити дослідження з урахуванням впливу екологічних обмежень, глобальних технологічних змін (зелена хімія, цифровізація виробництва), воєнних ризиків, а також геоекономічної переорієнтації України. Також варто інтегрувати методи машинного навчання для покращення точності прогнозування, особливо при роботі з великими обсягами даних, та розширити аналіз регіональних аспектів зовнішньої торгівлі хімічною продукцією.

Отже, основну мету дослідження досягнуто. Запропонований підхід дозволив виявити закономірності та тенденції, які можуть бути використані в системі економічного управління зовнішньоторговельною діяльністю хімічного сектору України.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Товарна структура зовнішньої торгівлі України за 2024 рік. *Державна служба статистики*.  
URL: [https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2024/zd/tsztt/arh\\_tsztt2024\\_u.htm](https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2024/zd/tsztt/arh_tsztt2024_u.htm)  
1 (дата звернення: 27.05.2025).
2. Black Sea Grain Initiative Joint Coordination Centre. *United Nations*.  
URL: <https://www.un.org/en/black-sea-grain-initiative> (date of access: 27.05.2025).
3. Зона вільної торгівлі між Україною та ЄС. *Представництво України при Європейському Союзі*. URL: <https://ukraine-eu.mfa.gov.ua/posolstvo/torgovelnno-ekonomichne-spivrobitnictvo-ukrayina-yes/zona-vilnoyi-torgivli-mizh-ukrayinoyu-ta-yes> (дата звернення: 09.06.2025).
4. Офіційний сайт. Структура Group DF. *OSTCHEM*.  
URL: <http://www.ostchem.com/uk> (дата звернення: 27.05.2025).
5. Market K. Y. Хімічна промисловість України | Блог YC.Market. *Блог YC.Market | Дослідження ринку та конкурентний аналіз*.  
URL: <https://blog.youcontrol.market/khimichna-promislovist-ukrayini/> (дата звернення: 27.05.2025).
6. Аналітична оцінка ситуації у хімічній промисловості України та на внутрішньому товарному ринку хімічної продукції за підсумками січня-вересня 2024 року. Аналітичне дослідження – Відділ аналітико-інформаційного забезпечення ДП "Черкаський НДІТЕХІМ". *Відділ аналітико-інформаційного забезпечення ДП "Черкаський НДІТЕХІМ"*.  
URL: <http://www.niitehim.ck.ua/analitychna-otsinka-sytuatsiyi-u-himichnij-promyslovosti-ukrayiny-ta-na-vnutrishnomu-tovarnomu-rynku-himichnoyi-produktsiyi-za-pidsumkamy-sichnya-veresnya-2024-roku-analitychne-doslidzhennya/> (дата звернення: 27.05.2025).

7. Служба новин. Ціни на українські добрива зросли на 10-15%, вартість продовжить рости – Group DF. *Куркуль – онлайн-асистент фермера*. URL: <https://kurkul.com/news/31317-ukrayinskiy-virobnik-pidnyav-tsini-na-mineralni-dobryva-na-10-15> (дата звернення: 27.05.2025).
8. Обсяг реалізованої промислової продукції за видами діяльності. *Державна служба статистики України*. URL: [https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2007/pr/orp/orp\\_u/arh\\_orp\\_u.html](https://www.ukrstat.gov.ua/operativ/operativ2007/pr/orp/orp_u/arh_orp_u.html) (дата звернення: 27.05.2025).
9. What Country is the Leading Producer of Chemicals: Chemical Exports by Country. *Infinite*. URL: <https://www.tradeimex.in/blogs/what-country-producer-of-chemicals> (date of access: 27.05.2025).
10. Архів валютних курсів: 30.12.2019. *Ставки, індекси, тарифи*. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/exchange/archive/2019-12-30/> (дата звернення: 27.05.2025).
11. Реалізація промислової продукції (2024). *Ставки, індекси, тарифи*. URL: <https://index.minfin.com.ua/ua/economy/trade/prod/2024/> (дата звернення: 27.05.2025).
12. Вдовин М. Л., Зомчак Л. М., Боднар О. В. Кластеризація країн ЦСЄ за показниками ЗЕД. *Економіка та суспільство*. 2021. № 26. С. 6–9.
13. Кислова Л. А. Аналіз середовища функціонування підприємств металургійної галузі України. *Economic sciences*. 2017. № 33. С. 141–143.
14. Венгер В. В., Шумська С. С. Металургійна галузь України: динаміка виробництва крізь призму зовнішніх факторів. *Ринок: прогноз і кон'юнктура*. 2021. № 31. С. 12–14.
15. Хімічна промисловість під впливом воєнних та євроінтеграційних викликів. / Л. В. Дейнеко та ін. *Economy of Ukraine*. 2024. Т. 10, № 67.

16. Голубкова Г. В. Статистичний аналіз та прогнозування експорту України. *СТАТИСТИКА ТА ЕКОНОМІКА, АНАЛІЗ*. 2018. Т. 2, № 81. Зварич Р., Дем'янюк О., Починок Н. Зовнішньоекономічні пріоритети України на глобальному ринку хімічної промисловості. *Вісник Економіки*. 2023. № 4.
17. Попко О., Саламаха О. Проблеми та перспективи розвитку підприємств хімічної промисловості в умовах цифрової трансформації. Олена Попко. *Економіка та Суспільство*. 2025. № 71.
18. Копчак, Ю., Лобунець, Т., & Луковський, Р. (2024). SWOT-Аналіз як важливий інструмент у розробці стратегії бізнесу. *Економіка та суспільство*, (61). <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-61-146/> (дата звернення: 09.06.2025).
19. Сало Я. В., Марчук І. С., Орловська С. С. PEST-Аналіз малого та середнього підприємництва в Україні. *Економіка та суспільство*. 2021. № 32. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-32-57> (дата звернення: 09.06.2025).
20. Ставицький А. В. Кластеризація. [http://www.andriystav.cc.ua/S\\_Books\\_U.html](http://www.andriystav.cc.ua/S_Books_U.html). URL: [http://www.andriystav.cc.ua/S\\_Books\\_U.html](http://www.andriystav.cc.ua/S_Books_U.html) (дата звернення: 09.06.2025).
21. Trade Development - cefic. *Home - cefic*. URL: <https://cefic.org/facts-and-figures-of-the-european-chemical-industry/trade-development/> (date of access: 15.06.2025).
22. Fircroft N. The Top 5 Biggest Chemical Exporters In The World. *Global Technical and Engineering Recruitment | NES Fircroft*. URL: <https://www.nesfircroft.com/resources/blog/the-top-5-biggest-chemical-exporters-in-the-world/> (date of access: 15.06.2025).
23. K means Clustering – Introduction - GeeksforGeeks. *GeeksforGeeks*. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/machine-learning/k-means-clustering-introduction/> (date of access: 15.06.2025).

24. W3Schools.com. *W3Schools Online Web Tutorials*.  
URL: [https://www.w3schools.com/python/python\\_ml\\_k-means.asp](https://www.w3schools.com/python/python_ml_k-means.asp) (date of access: 15.06.2025).
25. CS221. *Stanford University*.  
URL: <https://stanford.edu/~cpiech/cs221/handouts/kmeans.html> (date of access: 15.06.2025).
26. Yanli Xu, Dan Liu, Limei Zheng. Econometric Model Analysis of Influencing Factors of Import and Export in Zhanjiang City. *Advances in Economics, Business and Management Research*. 2018. No. 53.
27. Analysis and forecasting of Ukrainian agrarian exports to the EU countries / S. Koliadenko et al. *Agricultural and Resource Economics: International Scientific E-Journal*. 2020. Vol. 3, no. 6. P. 29–47.
28. Черняк О. І., Воронова Л. В., Ставицький А. В. Методи прогнозування експорту та імпорту. Київ, 2001. 108 с.
29. Черняк О. І., Воронова Л. В., Ставицький А. В. Нові можливості експоненціального згладжування. *Банківська справа*. 2000. № 3. С. 28–32.
30. Голубкова Г. В. Статистичний аналіз та прогнозування експорту України. *Статистика та економіка, аналіз*. 2018. Т. 2, № 81.

## ДОДАТКИ

## Додаток А

Рік	Експорт (тис. дол. США)	Імпорт (тис. дол. США)
2004	2782029.36	2248421.83
2005	2990247.40	3097918.28
2006	3387259.70	3888589.90
2007	4047218.00	5316453.30
2008	5045334.50	6959124.50
2009	2515151.70	5319269.40
2010	3479168.70	6441659.30
2011	5390328.20	8020846.40
2012	5058919.50	8586389.70
2013	4327295.80	8435346.60
2014	3054072.60	6782170.40
2015	2130843.60	5009163.10
2016	1558173.20	5619505.40
2017	1660611.80	6545865.20
2018	1871254.40	7058290.90
2019	1930809.80	7483373.20
2020	2020105.10	7333672.60
2021	2815603.70	9742952.90
2022	1286753.20	6213352.60
2023	888199.30	7437583.30
2024	973130.10	8065086.20

## Додаток В

Рік	Доларів США	Плинне середнє								
		Крок 4	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE	Крок 5	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE	Крок 6	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE
2021	2815603.6	2159443	0.23	91.85%	2059677	0.27	96.42%	1976093	0.30	96.47%
2022	1286753.1	2013318	-0.56		1984905	-0.54		1930856	-0.50	
2023	888199.2	1752665	-0.97		1788294	-1.01		1802121	-1.03	
2024	973130.1	1490922	-0.53		1596758	-0.64		1652433	-0.70	
Сума			-1.84			-1.93			-1.93	

## Додаток С

Рік	Доларів США	Експоненціальне згладжування								
		Тип 1	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE	Тип 2	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE	Тип 3	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE
2021	2815603.6	2652138	0.06	15.78%	2517056	0.11	30.93%	2404863	0.15	45.04%
2022	1286753.1	1559830	-0.21		1751275	-0.36		1881993	-0.46	
2023	888199.2	1022525	-0.15		1168275	-0.32		1311019	-0.48	
2024	973130.1	983009	-0.01		1020062	-0.05		1078254	-0.11	
Сума			-0.32			-0.62			-0.90	

## Додаток D

Рік	Доларів США	Метод Холта-Вінтерса		
		Холт-Вінтерс	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE
2021	2815603.6	2201574	0.22	49.30%
2022	1286753.1	1919983	-0.49	
2023	888199.2	1421603	-0.60	
2024	973130.1	1081528	-0.11	
Сума			-0.99	

## Додаток E

Метод		RMSPE
Плинне середнє Крок 4	Крок 4	91.85%
Плинне середнє Крок 5	Крок 5	96.42%
Плинне середнє Крок 6	Крок 6	96.47%
Експоненціальне згладжування Тип 1	Тип 1	15.78%
Експоненціальне згладжування Тип 2	Тип 2	30.93%
Експоненціальне згладжування Тип 3	Тип 3	45.04%
Метод Холта- Вінтерса		49.30%

## Додаток F

Рік	Доларів США	Плинне середнє								
		Крок 4	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE	Крок 5	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE	Крок 6	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE
2021	9742952.9	7904572	0.19	2.88%	7632831	0.22	0.47%	7297277	0.25	3.89%
2022	6213352.6	7693338	-0.24		7566328	-0.22		7396251	-0.19	
2023	7437583.3	7681890	-0.03		7642187	-0.03		7544871	-0.01	
2024	8065086.2	7864744	0.02		7758530	0.04		7809622	0.03	
Сума			-0.06			0.01			0.08	

## Додаток G

Рік	Доларів США	Експоненціальне згладжування								
		Тип 1	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE	Тип 2	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE	Тип 3	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE
2021	9742952.9	9262556	0.05	0.69%	8874647	0.09	1.12%	8556583	0.12	1.33%
2022	6213352.6	6823193	-0.10		7233484	-0.16		7498104	-0.21	
2023	7437583.3	7314705	0.02		7298461	0.02		7338390	0.01	
2024	8065086.2	7915010	0.02		7791700	0.03		7701038	0.05	
Сума			-0.01			-0.02			-0.03	

## Додаток H

Рік	Доларів США	Метод Холта-Вінтерса		
		Холт-Вінтерс	$(y_t - \hat{y}_t)/y_t$	RMSPE
2021	9742952.9	8667041	0.11	8.54%
2022	6213352.6	7898623	-0.27	
2023	7437583.3	7705212	-0.04	
2024	8065086.2	7855350	0.03	
Сума			-0.17	

## Додаток I

Метод		RMSPE
Плинне середнє Крок 4	Крок 4	2.88%
Плинне середнє Крок 5	Крок 5	0.47%
Плинне середнє Крок 6	Крок 6	3.89%

Експоненціальне згладжування Тип 1	Тип 1	0.69%
Експоненціальне згладжування Тип 2	Тип 2	1.12%
Експоненціальне згладжування Тип 3	Тип 3	1.33%
Метод Холта-Вінтерса		8.54%

Київський національний університет імені Тараса Шевченка  
Економічний факультет  
Кафедра економічної кібернетики

## ЗАВДАННЯ

На кваліфікаційну роботу бакалавра


Студентки 4 курсу бакалавріату спеціальності 051 «Економіка»,

ОНП «Економічна кібернетика»

Франчук Анни Олександрівни

1. Тема роботи: Застосування економетричних методів для прогнозування обсягів імпорту та експорту хімічної продукції України
2. Термін завершення роботи:
3. Попередній захист роботи:
4. Об'єкт дослідження: зовнішньоекономічна діяльність хімічної промисловості України
5. Предмет дослідження: економетричні методи аналізу та прогнозування імпорту та експорту хімічної продукції, а також їхнє прикладне застосування для оцінки зовнішньоторговельної ефективності галузі
6. Мета дослідження: розробка та апробація економетричної моделі, що дозволяє кількісно оцінити вплив окремих економічних факторів на обсяг імпорту та експорту хімічної продукції України, а також побудувати прогнози щодо майбутньої динаміки цих показників
7. Завдання дослідження:
  - 7.1. Охарактеризувати динаміку експорту та імпорту хімічної продукції України за останні 20 років;
  - 7.2. Відібрати релевантні економічні змінні, що потенційно впливають на зовнішньоторговельні обсяги;

- 7.3. Побудувати економетричну модель залежності обсягів; імпорту/експорту від визначених факторів;
- 7.4. Здійснити статистичне тестування моделі;
- 7.5. Провести прогнозування на основі розробленої моделі;
- 7.6. Запропонувати практичні рекомендації для вдосконалення зовнішньоекономічної політики України в контексті хімічної промисловості;

Науковий керівник: кандидат економічних наук, асистент, Наумова Марія  
Олександрівна  .....

Студент: .....

Затверджено на засіданні кафедри економічної кібернетики  
протокол № 6 від 27 листопада 2024 р.

## Календарний план виконання кваліфікаційної роботи бакалавра

№	Етапи роботи	Терміни виконання	Відмітка керівника про виконання
1	Вибір теми кваліфікаційної роботи	До 20 січня	Виконано вчасно
2	Розробка та затвердження завдання кваліфікаційної роботи	До 20 лютого	Виконано вчасно
3	Формування теоретичного розділу (аналіз ЗЕД та хімічної галузі)	До 20 березня	Виконано вчасно
4	Збір і попередня обробка статистичних даних (експорт/імпорт, макропоказники)	До 20 березня	Виконано вчасно
5	SWOT- та PESTEL-аналіз зовнішньоекономічного середовища хімічної продукції	До 20 квітня	Виконано вчасно
6	Кластеризація країн-торговельних партнерів методом k-середніх	До 20 квітня	Виконано вчасно
7	Побудова прогнозів: ковзне середнє, експоненційне згладжування, метод Холта-Вінтерса	До 20 травня	Виконано вчасно
8	Побудова та оцінка економетричної моделі, статистичне тестування	До 20 травня	Виконано вчасно
9	Аналіз результатів і формування висновків	До 20 травня	Виконано вчасно
10	Розробка пропозицій щодо підвищення ефективності ЗЕД хімічної галузі	До 20 травня	Виконано вчасно
11	Оформлення основної частини кваліфікаційної роботи відповідно до вимог	До 1 червня	Виконано вчасно
12	Подання роботи до попереднього захисту	До 1 червня	Виконано вчасно
13	Внесення правок за результатами попереднього захисту	До 13 червня	Виконано вчасно
14	Редагування, перевірка на плагіат, підготовка до захисту	До 17 червня	Виконано вчасно
15	Захист роботи	25 червня	Робота готова до захисту

Науковий керівник:



Наумова Марія Олександрівна

Студентка:

Франчук Анна Олександрівна