

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**ВСТУП ДО ФАХУ**  
**«Хімічна технологія енергонасичених композиційних матеріалів»**

**Методичні рекомендації**  
для вивчення дисципліни студентами  
спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія

Дніпро  
НТУ "ДП"  
2018



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

ГЕОЛОГОРОЗВІДУВАЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
*Кафедра хімії*

**ВСТУП ДО ФАХУ**  
**«Хімічна технологія енергонасичених композиційних матеріалів»**

**Методичні рекомендації**  
для вивчення дисципліни студентами  
спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія

Дніпро  
НТУ "ДП"  
2018

### **Светкіна О.Ю.**

Вступ до фаху «Хімічна технологія енергонасичених композиційних матеріалів». Методичні рекомендації для вивчення дисципліни студентами спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія / О.Ю. Светкіна, С.М. Лисицька; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т "Дніпровська політехніка". – Дніпро : НТУ "ДП", 2018. – 31 с.

Автори:

О.Ю. Светкіна, д-р техн. наук, проф.;

С.М. Лисицька, канд. с.-г. наук, доц.

Затверджено науково-методичною комісією зі спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія (протокол № 1 від 19.04.2018) за поданням кафедри хімії (протокол № 9 від 14.02.2018).

У методичних рекомендаціях подано положення освітньо-кваліфікаційної програми навчання з дисципліни вступ до фаху «Хімічна технологія енергонасичених композиційних матеріалів» за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія. Видання має допомагати студентам засвоїти загальні принципи хімічних технологій, зокрема технології енергонасичених матеріалів, для набуття професійної освіти на основі компетентнісного підходу та формувати здатності вмілого виконання технічних завдань у хімічній галузі.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри хімії, професор,  
д-р техн. наук Светкіна О.Ю.

## ПЕРЕДМОВА

Пропоновані методичні рекомендації покликані допомагати студентам у вивченні спеціального курсу вступ до фаху “Хімічна технологія енергонасичених композиційних матеріалів”, положення якого слугують теоретичною основою засвоєння спеціальних дисциплін: хімія (загальна неорганічна, аналітична, органічна, колоїдна, біологічна, екологічна), хімія та фізика полімерів, загальна хімічна технологія, хімічна технологія енергонасичених матеріалів, автоматичні системи керування технологічними процесами у хімічному виробництві, процеси й апарати хімічної технології, розрахунки й моделювання хіміко-технологічних процесів, термодинаміка та ін. Викладання курсу передбачено програмою підготовки студентів за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія.

Мета вивчення дисципліни "Вступ до фаху" – формування в студентів уявлень про специфіку обраної ними спеціальності, про освітню програму підготовки, про основні вимоги до професійних досягнень хіміка-технолога, про історію розвитку хімічної промисловості та особливості хімічної галузі.

Освітньо-професійна програма першого (бакалаврського) рівня підготовки передбачає набуття спеціальності 161 Хімічні технології та інженерія (галузі знань 16 Хімічна та біоінженерія; спеціалізації 161.01 Хімічна технологія енергонасичених матеріалів та прикладна радіохімія). Програму розроблено на базі цілого ряду нормативних документів, а саме: Закону України «Про вищу освіту» (2014); Класифікатора професій ДК 003:2010; Постанови Кабінету Міністрів України № 266 «Перелік галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти» (2015) та ін.

Професійна підготовка відповідає стандартам *національної класифікації*: 3 Фахівці, 31 Технічні фахівці в галузі прикладних наук і техніки, 311 Технічні фахівці в галузі фізичних наук і техніки, 3119 Технолог; *міжнародної* – згідно з міжнародною стандартною класифікацією професіоналів 2008 (ISCO-08): 2 Професіонал, 21 Науковець та Інженер-професіонал, 214 Інженер-професіонал, 2145 Інженер-хімік. Професійні назви посад: 3119 Технолог; 2113.2 Бакалавр з хімічної технології та інженерії.

Інтегральна компетентність бакалавра, який пройшов підготовку за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія відповідно до кваліфікаційного рівня, що полягає в здатності виконувати фахові завдання та вирішувати практичні проблеми в обраній галузі професійної діяльності або в процесі навчання обґрунтовано застосовувати теорії та методи фундаментальних і прикладних наук, навчитись проводити моделювання виробничих процесів у застосуванні до умов конкретно поставлених завдань хімічної технології з урахуванням заходів безпеки довкілля. Така компетентність сприяє формуванню у здобувачів усвідомлення ролі та значення професії інженера-технолога хімічної промисловості; чіткого уявлення про об’єкти інженерної діяльності, серед яких підприємства в регіоні та за його межами.

Методичні матеріали містять тематику й зміст практичних робіт, контрольні завдання, виконання яких допомагає засвоїти теоретичні основи дисципліни, а також доповнюють і пояснюють матеріал курсу, дають поради до вивчення спеціальної літератури.

Виконання практичних занять з дисципліни передбачає опрацювання студентами лекційного курсу та самостійно опанованого матеріалу і включає такі форми контролю набутих знань: виконання тестових завдань, складання аналітичних таблиць, схем, підготовка індивідуального презентаційного матеріалу про хімічні технології, проведення модульних контрольних робіт.

Виконання практичних завдань сприяє поглибленню знань студентів про режими перебігу хімічних процесів та про роботу приладів, обладнання, що задіяні в хімічному синтезі різних енергонасичених продуктів.

Завдання студенти виконують у робочих зошитах. До кожного практичного заняття додано перелік питань з теоретичного курсу, завдання у вигляді аналітичних таблиць, презентацій для перевірки набутих знань та самоконтролю.

# 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

*Хімічна технологія* являє собою науку про найбільш економічні та екологічно обґрунтовані методи промислової переробки сировинних природних матеріалів у продукти споживання й засоби виробництва. Хімічна технологія базується на процесах хімічної трансформації сировини, що супроводжуються складними хімічними і фізико-хімічними перетвореннями.

*Хімічна технологія та інженерія* – це прикладна наука, яка вивчає способи та процеси хімічного виробництва різних видів продукції з використанням технічно, економічно та соціально доцільних шляхів їхньої реалізації. Розробка нових та удосконалення чинних технологічних правил і режимів хімічного синтезу продуктів здійснюється під керівництвом хіміків-технологів. Результатом діяльності фахівців у хімічній галузі є економічний і технічно доступний проект виготовлення в промислових масштабах цільового продукту, матеріалу або виду енергії. У проекті здійснюють оптимальний підбір вихідної сировини та розраховують матеріальний баланс її витрати, а також матеріалів та енергії, визначають якісний і кількісний склад відходів, обирають раціональні способи їх утилізації чи конверсійної переробки.

Хімічні процеси прийнято поділяти на технологію неорганічних і технологію органічних речовин.

*Хімічна технологія неорганічних речовин* включає переробку мінеральної сировини (окрім металевих руд), виробництво кислот, лугів, солей, силікатних матеріалів, мінеральних добрив тощо. *Хімічна технологія органічних речовин* – це переробка нафти, вугілля, природного газу інших паливних копалин, виготовлення синтетичних полімерів, барвників, спиртів, карбонових кислот, лікарських засобів та інших речовин.

Теоретичною основою професійної освіти хіміків-технологів слугують базові дисципліни: загальна та неорганічна хімія, фізика, математика, українська мова (за професійним спрямуванням), іноземна мова, інженерна та комп'ютерна графіка, інформатика, метрологія, стандартизація і сертифікація, безпека життєдіяльності, екологія. Професійних знань студенти набувають, вивчаючи такі дисципліни: колоїдна хімія, загальна хімічна технологія, хімія та фізика полімерів, прикладна механіка, електротехніка та електроніка, автоматичні системи керування технологічними процесами в хімічному виробництві, процеси й апарати хімічної технології, розрахунки та моделювання хіміко-технологічних процесів та ін. Профільна спеціалізація майбутніх фахівців передбачає засвоєння спецкурсів і ведення практичних занять.

Підготовка за спеціальністю “Хімічні технології та інженерія” формує у здобувачів здатність створювати та удосконалювати науково-виробничі промислові напрями.

## 1.1. Короткий історичний огляд появи й розвитку хімічних технологій

Хімічні технології розвивались у процесі становлення хімічної промисловості. З появою перших хімічних промислів хімічна технологія була чисто описовим розділом прикладної хімії. Сировиною в хімічних промислах здавна слугували сірка, природна сода, оцет, рослинні олії, мінеральні та рослинні фарби, паливні суміші. Наприклад, у стародавньому Китаї були відомі способи виготовлення паперу, барвників, цукру. Американські індіанці доколумбівських часів виготовляли цукор шляхом упарювання соків. Стародавні ремесла включали окремі процеси, технології.

Організація тодішніх технологій у діяльності передбачала, як правило, таку ланцюгову схему: *ремесло – промисел – промисловий спосіб виготовлення продукту*.

Будь-яка технологія включала такі базові фактори: *сировина – енергія (теплова) – взаємодія – синтез продукту (суміші) – розділення його на компоненти – очищення продукту*.

Виникнення в Європі мануфактури і промислів, які виробляли основні хімічні продукти, слід віднести до XV ст., коли стали з'являтися дрібні спеціалізовані виробництва кислот, лугів і солей, різних фармацевтичних препаратів та деяких органічних речовин. Далі в кінці XVI – на початку XVII ст. набули розвитку хімічні виробництва фарб, селітри, пороху, а також соди і сірчаної кислоти. У другій половині XVIII ст. почався період виділення хімічної технології в окрему галузь знань та формування її основ як науки і навчальної дисципліни. Уперше термін "технологія" з цим значенням почав вживати професор Геттингенського університету І. Бекман у 1772 р. Ним були видані перші комплексні праці з описом багатьох хімічних виробництв. Ці видання, власне, були першими підручниками з хімічної технології. Затим у Німеччині (1795) з'явився двотомний курс хіміка Й.Ф. Гмеліна "Посібник з технічної хімії", перероблений і виданий у 1803 р. російським ученим-хіміком В.М. Севергініним під назвою "Хімічні основи ремесел і заводів".

Наприкінці XVIII ст. хімічна технологія стала обов'язковою навчальною дисципліною в університетах та у вищих технічних освітніх закладах країн Європи.

Розробка в країнах Західної і Східної Європи протягом XIX ст. значної кількості підручників та наукових досліджень з хімічної технології сприяла швидкому зростанню хімічного виробництва і в той же час була свідченням розвитку наукових основ цієї галузі знань. Можна згадати кілька значущих подій в історії розвитку хімічної промисловості:

– 1748 р. у Бірмінгемі (Англія) почав працювати перший невеликий завод з виробництва сірчаної кислоти у свинцевих камерах (початок застосування камерного способу);

– період 1787–1789 рр. – французький хімік-технолог Н. Леблан розробив перший промисловий спосіб виготовлення соди – продукту, потрібного у виробництві скла, натрію гідроксиду та в інших галузях промисловості (перший



великий содовий завод, де було застосовано спосіб Ніколя Леблана, з'явився у 1823 р. в Англії);

– 1804 р. – став до ладу перший сірчаноокислотний завод у Росії, а в 1820 р. – у Німеччині;

– протягом 1805–1810 рр. камерне виробництво сірчаної кислоти набуло значного розвитку в Англії і у Франції;

– 1861 р. ознаменувався розробкою аміачного методу виробництва соди (методу Сольве).

У другій половині XIX ст. активно розвиваються дослідження у сфері каталізу, що дозволило в промисловому масштабі освоїти багато хімічних процесів (наприклад, контактний метод синтезу сірчаної кислоти став основою започаткованого в 1886 р. промислового виробництва цього продукту). Упровадження гетерогенного каталізу в органічний синтез знаменувало початок нового періоду в історії органічної хімії. Протягом перших десятиліть XX ст. набуло застосування синтезу на основі вуглеводнів та оксиду вуглецю. Досягнення в галузі гетерогенного каталізу дали можливість видатному хіміку С.В. Лебедеву розробити технологію промислового синтезу каучуку.

Велике значення для вирішення актуальних питань хімічної технології мали теоретичні й експериментальні дослідження в галузі хімічної термодинаміки. Майже всі вони були викликані практичними потребами промисловості. Серед цих досягнень необхідно відзначити праці Ле-Шательє, Нернста і Габера, присвячені синтезу аміаку з азоту й водню. Створення в 1912 р. промислової установки синтезу аміаку під тиском було проривом у розвитку хімічної промисловості, бо з цього часу застосування високого тиску стало важливою складовою промислових хімічних процесів.

У середині XIX століття після виходу у світ робіт Ю. Лібіха з агрохімії з'явилася нова галузь хімічної промисловості – виробництво мінеральних добрив, використання яких у рослинництві сприяло значному підвищенню врожаїв культур, забезпеченню населення планети продуктами харчування. Технологічним застосуванням теоретичних робіт, присвячених вивченню ланцюгових реакцій у 30–50-ті роки XX ст. (Н.Н. Семенов та ін.), стала розробка процесів синтезу полімерних матеріалів: поліетилену високого тиску, полістиролу, полівінілхлориду та ін. Виробництво пластичних мас, синтетичних смол і штучних волокон відкрило нові можливості для створення матеріалів із заданими властивостями.

Істотний внесок у розвиток хімічної технології, розбудову хімічної промисловості зробили визначні вчені: І.О. Каблуков, М.Д. Зелінський, М.М. Ворожцов, С.І. Вольфкович, І.О. Тищенко, М.Ф. Юшкевич, А.Г. Касаткин, О.М. Плановський, П.Г. Романков, П.М. Лук'янов, М.М. Емануель, В.А. Легасов, У.В. Кафаров та ін.

Будучи в період становлення тільки розділом прикладної хімії, вже наприкінці XVIII ст. хімічна технологія сформувалась як самостійна галузь знань.

Завдяки досягненням хімічної технології у промислове виробництво прийшли нові матеріали, зокрема штучні алмази, синтетичні волокна,

напівпровідники, електрокераміка, скло, гума та інша сировина, яка забезпечує можливість удосконалювати різноманітні виробничі процеси.

З огляду на кінетичні закономірності, хімічні технології поділяють таким чином:

- термодинамічні;
- теплові;
- масообмінні (дифузійні);
- гідромеханічні;
- механічні.

За особливостями режиму перебігу хімічні технології бувають періодичними та безперервними.

Значну роль хімічні технології відіграють в енергетичній сфері.

У сучасних умовах вони сприяють створенню екологічно безпечних, технічно модернізованих та економічно раціональних методів переробки природних сировинних матеріалів (вугілля, нафти, газу, руди, деревини), а також штучних напівпродуктів у різні товари.

Найбільш перспективні напрями хімічної технології в енергетиці такі:

- комплексне застосування сировини;
- утилізація промислових відходів;
- переробка більшості видів сировини;
- проектування та моделювання нових процесів на основі підбору високо селективних каталізаторів й апаратури;
- скорочення числа стадій виробництва;
- економія енергії та підвищення продуктивності виробничих агрегатів, застосування вторинних енергоресурсів, зменшення витрат нафтопродуктів;
- заміна цінних і дефіцитних матеріалів на більш дешеві й доступні.

Особливе місце в розвитку хімічних технологій посідають енергонасичені матеріали хімічного та біологічного походження. Застосування цих матеріалів має фундаментальний вплив на розвиток науки і техніки, на економіку країни, сприяє підвищенню життєвого рівня населення. Наприклад, з використанням плазмового порошку було розроблено магнітогідродинамічні генератори електричної енергії, задіяні в пошуку корисних копалини на великих глибинах, у прогнозуванні землетрусів. Енергонасичені матеріали успішно застосовуються в боротьбі з пожежами, а також з несприятливими природними явищами: засухами, градом і сходженням лавин. На базі цих матеріалів виготовляють автомобільні подушки безпеки, катапультні системи для літаків.

### ***Питання для самоперевірки***

1. Визначте поняття хімічної технології.
2. Які проблеми можна вирішити за допомогою хімічних технологій та інженерії?
3. На які види поділяють хімічні технології за природою вихідної сировини?

4. Які дисципліни слугують базою для опанування спеціальності “Хімічні технології та інженерія”?
5. Назвіть основні елементи ланцюгової схеми організації технологій у давні часи?
6. Охарактеризуйте етапи становлення хімічних технологій.
7. Яким чином поділяють хімічні технології з урахуванням кінетичних закономірностей?
8. Як класифікують хімічні технології за особливостями режиму їх перебігу?
9. Чому промислові галузі зацікавлені в застосуванні енергонасичених матеріалів?
10. Які напрями розвитку хімічної технології найбільш перспективні для енергетичної сфери?

## 2. ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ

### Практична робота № 1

#### Тема: Організація пошуку інформаційних джерел науково-методичної бази вивчення хімічних технологій

**Мета заняття:** навчитися за допомогою сигнальної інформації фондів електронно-бібліотечної системи НТУ “Дніпровська політехніка” та шляхом використання інтернет-ресурсів знаходити необхідні відомості, які відображають сучасні розробки в галузі промислових хімічних технологій; уміти їх аналізувати й визначити джерела, де їх оприлюднено.

Вивчення будь-якої науки починається з відбору літературних джерел певної тематики. Для пошуку необхідної науково-технічної інформації існує цілий ряд допоміжних засобів, зокрема реферативних журналів, фундаментальних довідників з усіх напрямів науки, комп’ютерних інформаційних систем.

*Інформаційний пошук* потрібно вести, користуючись пошуковими документами, які зосереджують у собі зміст джерел у скороченій формі (реферати, анотації, бібліографічні описи, заголовки). Для цього документи індексують за допомогою стандартизованої інформаційно-пошукової мови (ІПМ).

Принцип *інформаційного пошуку* полягає у порівнянні індексу документа, який перебуває у пошуковому масиві, з індексом питання пошуку.

Найбільш ефективний процес пошуку інформації за допомогою комп’ютера. Інформаційні масиви, записані в його пам’яті, називаються *базою даних*. Запис і пошук інформації у базах даних здійснюється за допомогою спеціальних програм.

Важливою кількісною характеристикою пошуку джерел є термін, за межами якого виникає старіння матеріалу публікацій. Для технічних наук він становить 8–10 років.

Особлива цінність в інформаційному пошуку належить реферативним журналам (РЖ), де сконцентровано значний обсяг спеціальної інформації. Для більш швидкої його обробки користуються покажчиками РЖ. Наприклад, *предметний покажчик*, у рефератах якого міститься найбільш сконцентрована інформація. Він може бути кінцевим джерелом пошуку оригінальних наукових публікацій.

*Інформаційні джерела* поділяють на такі чотири групи (див. рис. 1):

- *первинні* – це патенти, дисертації, наукові статті, звіти;
- *вторинні* – монографії, книги, огляди, довідники;
- *третинні* – це покажчики оглядів, довідників, бібліотечні каталоги;
- *четвертинні*, зведені покажчики за багато років (5, 10 і більше), покажчики бібліографій.

РЖ являють собою надійні акумулятори інформації.

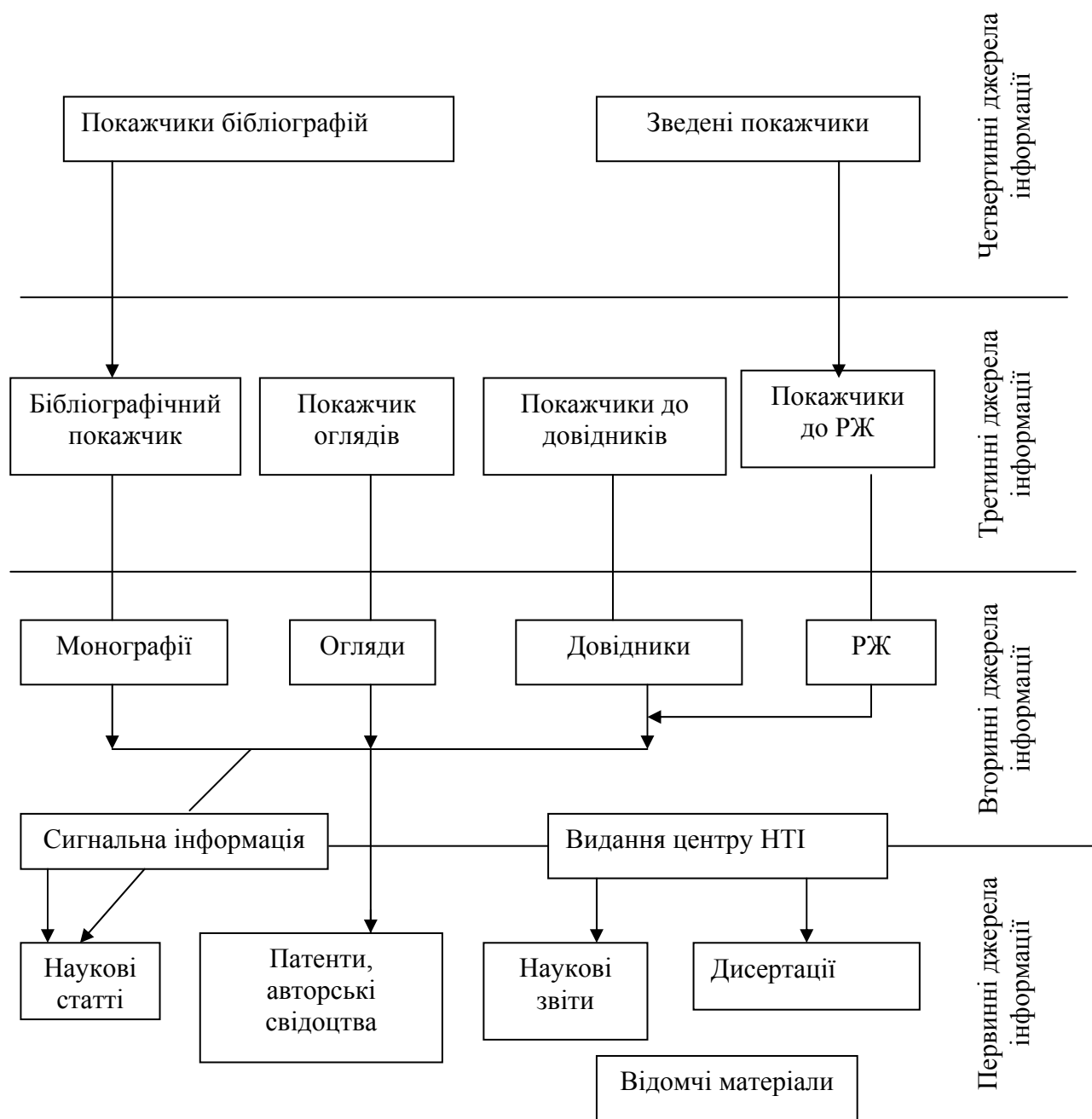


Рис. 1. Система інструментарію науково-технічної інформації

Довідково-пошуковий апарат РЖ включає предметні покажчики, авторські, формульні й патентні покажчики.

Інформація в РЖ розміщена за рубриками в певному фіксованому порядку (назви рубрик журналу слугують сигнальною інформацією про тематику публікацій).

Великі розділи РЖ позначені буквами українського алфавіту:

А – загальні питання хімії;

Е – природні органічні сполуки та їх синтетичні аналоги;

О – технологія органічних лікарських речовин, ветеринарних препаратів, пестицидів;

С – хімія високомолекулярних сполук (ВМС);

Ф – технологія полімерних матеріалів (природні ВМС).

Електронна бібліотечна система та електронне освітнє середовище виступають у ролі інструментів, які забезпечують здобувачеві можливість користуватись інформацією в будь-якому місці, де є доступ до мережі Інтернету. Такий організаційний підхід, крім реалізації інформаційних запитів, дозволяє студентам фіксувати перебіг та динаміку освітнього процесу (результатів засвоєння робочої програми, навчання в дистанційному режимі).

Користуючись електронною бібліотечною системою, доцільно проводити пошук інформації в Інтернеті за допомогою системних програм: Google, Opera та ін.; наукометричних баз Scopus, Web of Science, Index Copernicus, Google Scholar; через сайти обласної бібліотеки [www.libr.dp.ua](http://www.libr.dp.ua), місцевих фондів, бібліотеки Національного технічного університету [ntu.org.ua](http://ntu.org.ua), де є посилання на інформаційні джерела бібліотечного фонду.

### ***Завдання для самоперевірки***

За даними інформаційних джерел оцінити стратегічний напрям розвитку хімічних технологій в Україні, у Дніпропетровській області. Результати аналізу джерел занотувати в робочий зошит у вигляді табл. 1 (для прикладу див. рядок 1).

**Таблиця 1 – Аналіз інформаційних джерел з хімічної технології енергонасичених матеріалів**

№ п/п	Найбільш поширені хімічні технології енергонасичених матеріалів	Види продукції, галузі застосування	Назва сайту (Електронний ресурс. – Режим доступу:
1	Виробництво деревних паливних брикетів	Паливні матеріали: брикети, гранули пелети та ін.	<a href="http://www.biofuel.md/ru/stati/chto-takoe-toplivnye-brikety">http://www.biofuel.md/ru/stati/chto-takoe-toplivnye-brikety</a>
2			
3			

## Практична робота № 2

### Тема: Енергонасичені матеріали: характеристика та класифікація

**Мета заняття:** ознайомлення з різними хімічними сполуками, з яких виготовляють енергонасичені матеріали, складання аналітичних таблиць класифікації цих речовин, виконання тестових завдань.

### Теоретичні положення

*Енергонасичені матеріали* – це джерела концентрованої енергії, що виділяється в режимі керованого горіння або детонації (вибуху). Ці матеріали становлять основу оборонного потенціалу країни. На їх базі створено всі види озброєння, у тому числі міжконтинентальні балістичні ракети. До таких матеріалів відносяться різні види пороху, твердого ракетного палива, вибухові речовини, піротехнічні суміші, гідрореагуювальні твердопаливні композиції та ін.

Для прогнозування оптимальних режимів переробки будь-яких матеріалів і виготовлення на їх основі якісних виробів необхідно вивчати комплекс *реологічних властивостей*, пов'язаних як з внутрішніми, так і зовнішніми умовами напруження, котрі впливають на ці матеріали.

*Реологічні властивості матеріалів* (гр. *rheos* – течія, потік і *logos* – вчення; англ. – *rheologic properties of materials*) – це сукупність характеристик, які визначають здатність матеріалу з часом змінювати напружено-деформований стан у полі дії на нього механічних сил. До основних *реологічних властивостей* належать такі: пружність, пластичність, міцність, в'язкість, повзучість, релаксація напружень. Ці властивості характеризують зміну (зростання) деформацій у матеріалі при постійному динамічному напруженні (явище повзучості) або зміну (зменшення) напружень унаслідок постійної деформації з часом (явище релаксації). Повзучість і релаксація напружень пов'язані з переходом пружних деформацій у пластичні чи незворотні. Прояви *реологічних властивостей* значною мірою залежать від природи матеріалу, вологості, структури, температури, але вирішальним фактором є рівень напруженого стану. Знання основних закономірностей змін у матеріалах дозволяє спрямовано регулювати реологічні властивості композиційних сумішей за рахунок добору їхньої рецептури.

Способи виготовлення енергонасичених матеріалів, зокрема пороху (паливних мас), розробляють з урахуванням їх *реологічних властивостей*. Вони являють собою полімерні композиційні матеріали, у виробництві яких використовують різні високомолекулярні сполуки (пластифіковані ефіри, целюлозу, каучуки та інші полімери), а також різноманітні наповнювачі. Отже, їхні властивості залежать від різних закономірностей, характерних для деформації полімерів, тому вони можуть набувати як високоеластичного, так і в'язкоплинного (незворотного) стану.

Енергонасичені матеріали, зокрема вибухові речовини (ВР), можуть бути класифіковані за цілим рядом ознак: фізичний стан, хімічний склад, галузь або умови використання, механічний стан, характер впливу на довкілля (рис. 2).

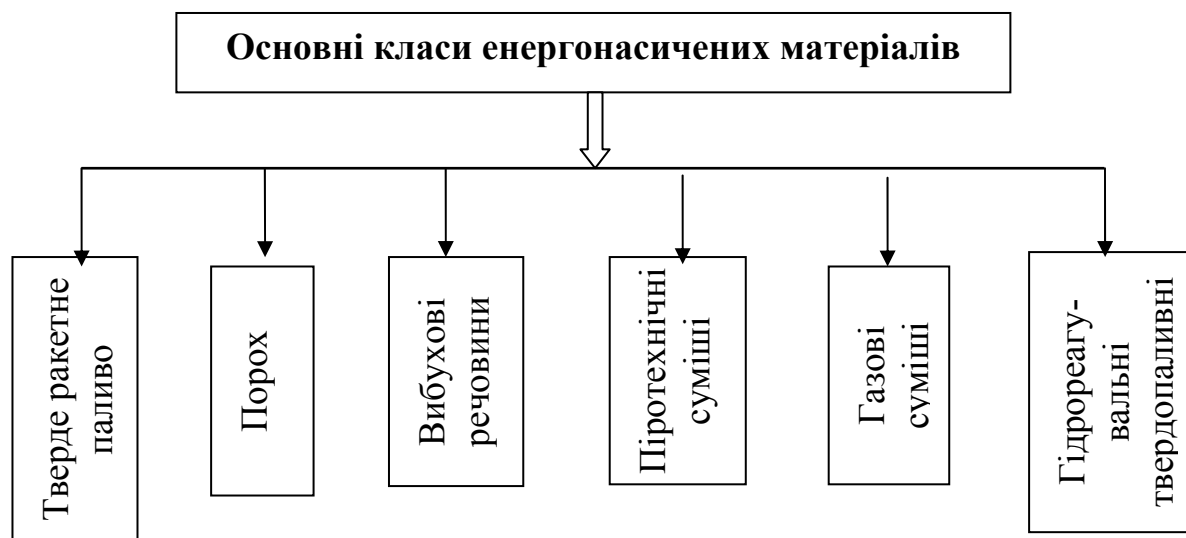


Рис. 2. Поділ енергонасичених матеріалів на класи

З погляду хімії особлива увага приділяється класифікації ВР за хімічним складом, де всі вони поділяються на два основних класи: вибухові хімічні сполуки та вибухові суміші (табл. 2).

Крім того, ефективність дії вибухових речовин характеризується показником *бризантності*, що зумовлений дією продуктів детонації.

*Бризантність* (нем. *brisant*, від фр. *briser* «ламати», «розбивати») – це здатність ВР під час вибуху локально подрібнювати та пробивати середовища, прилеглі до заряду.

Бризантні вибухові речовини за хімічним складом поділяються на окремі хімічні сполуки та вибухові суміші.

**Таблиця 2 – Основні класи бризантних вибухових речовин та їх групи за хімічним складом**

Групи ВР	Окремі вибухові хімічні сполуки	Вибухові суміші
1	Азотнокислі ефіри спиртів: нітрогліцерин – $C_3H_5(ONO_2)_3$ ; нітроглицоль – $C_2H_4(ONO_2)_3$ ; пентаеритрит (тетранітрат або тен) $C_5H_8(ONO_2)_4$	Аміачно-селітрові (у їх складі аміачна селітра, нітросполуки, невибухові горючі тверді речовини) – амоніти, динамони, ігданіти



2	Азотнокислі ефіри целюлози: (колодійна бавовна як складова частина динамітів) – $C_{24}H_{31}O_{11}(ONO_2)_3$	Нітрогліцеринові ВР (містять аміачну селітру, змішану з дизельним паливом) – динаміти й низькопроцентні нітрогліцеринові ВР
3	Нітросполуки: тротил – $C_6H_2(ONO_2)_3CH_3$ ; динітронафталін – $C_{10}H_6(ONO_2)_2$ ; пікринова кислота – $C_6H_2(ONO_2)_3OH$	Нітропохідні ароматичного ряду (найбільш поширений тротил)
4	Солі нітратної кислоти: аміачна селітра – $NH_4NO_3$	Оксиліквіти (включають твердий горючий поглинач, змішаний з рідким киснем)
5	Солі нітридної кислоти: азид свинцю – $Pb(N_3)_2$	Хлоратні (містять солі хлорнуватої чи хлорної кислот, змішані з нітросполуками та з іншими твердими або рідкими добавками); мають високу бризантність
6	Солі гримучої кислоти, зокрема гримуча ртуть $Hg(CNO)_2$	Чорний (димний) порох (включає калійну селітру, змішану з сіркою та деревним вугіллям)

До першого класу бризантних речовин належать різні хімічні сполуки, наприклад, тринітротолуол (тротил, тол), нітрогліцерин, піроксилін та ін. Другий клас включає всі ВР, що утворюють систему, складену з двох або декількох сполук вибухових чи невибухових, хімічно не зв'язаних між собою. До цього класу належать динаміти, амоніти, оксиліквіти, динамони та інші відомі у гірництві вибухові речовини.

Вивчення реакції вибухового перетворення має дві мети. По-перше, знаючи початковий і кінцевий стан вибухової системи, можна визначити кількість енергії, що виділяється, а по-друге, за цим показником оцінити очікувану дію вибуху.

Здатність окремих вибухових хімічних сполук до вибуху зумовлена наявністю в їхніх молекулах нітрогруп (азоту, зв'язаного з киснем), що перебувають у певному співвідношенні з числом атомів горючих елементів (вуглецю та водню). Це співвідношення має забезпечувати мінімально необхідний кисневий баланс для появи в речовині вибухової активності.

Кисневий баланс – це відношення маси надлишку чи нестачі кисню у вибуховій речовині, необхідне для повного окиснення горючих елементів до молярної маси ВР, тобто

$$K_{\bar{o}} = \frac{m_k}{M_{BP}} \cdot 100 \%,$$

де  $m_k$  – маса кисню у ВР, г;  $M_{BP}$  – молярная маса ВР, г/моль.

Виявлення *кисневого балансу* вибухових речовин має велике практичне значення в оцінюванні їхньої активності. Так, за нульового кисневого балансу вони вибухають з максимальним виділенням енергії. Крім того, при нестачі кисню утворюється значна кількість тих чи інших отруйних газів (СО), а хімічна реакція відбувається з меншим виділенням енергії.

### Тестові завдання для самоперевірки

Із наведених нижче варіантів відповідей для завдань (1–9) вибрати один правильний.

**1. Які з матеріалів можна віднести до енергонасичених?**

- а) Паливні матеріали, які використовують для нагрівання середовища, для перетворення одного виду енергії в інший;
- б) хімічні системи, які під впливом певного імпульсу викликають розвиток високого тиску та нагрівання середовища;
- в) джерела концентрованої енергії, що виділяється в режимі керованого горіння або детонації.

**2. Які властивості енергонасичених матеріалів відносять до реологічних?**

- а) Комплекс властивостей матеріалу, пов'язаних з фізико-хімічною взаємодією між його окремими елементами;
- б) сукупність властивостей матеріалу, що визначають його здатність з часом змінювати напружено-деформований стан у полі дії механічних сил;
- в) властивості композиційних матеріалів, які виникають за рахунок зміни їх рецептури, температурних умов середовища.

**3. Які види полімерів застосовують у виробництві енергонасичених матеріалів?**

- а) Природні високомолекулярні сполуки: целюлоза, колоїдна бавовна, каучук, а також торф, деревне вугілля, пробкове борошно та ін.;
- б) синтетичні високомолекулярні сполуки, серед яких пластифіковані ефіри, синтетичні полімери (качуки, купрен на основі ацетилену) та ін.;
- в) різні високомолекулярні сполуки, зокрема природні полімери (целюлоза, каучук), синтетичні полімери (пластифіковані ефіри, качуки, купрен на основі ацетилену) та ін.

**4. Що таке бризантність вибухових речовин?**

- а) Це міра здатності ВР до детонації середовища, у якому відбувається вибух;
- б) це міра здатності ВР під час вибуху локально подрібнювати та пробивати середовища, прилеглі до їхнього заряду;
- в) це їхня здатність деформувати середовище, у якому відбувається вибух.

**5. Чим відрізняються окремі вибухові хімічні сполуки від вибухових сумішей?**

- а) Кількістю складових компонентів;
- б) кількістю, природою складових компонентів та їх співвідношенням;
- в) кількістю, природою складових компонентів, хімічним зв'язком між ними.

**6. Від чого залежить кисневий баланс ВР?**

- а) Від маси надлишку кисню у вибуховій речовині, необхідної для окиснення горючих елементів, та від маси ВР;
- б) від маси надлишку чи нестачі кисню у вибуховій речовині, що необхідна для повного окиснення горючих елементів до молярної маси ВР;
- в) від маси нестачі кисню у вибуховій речовині, що необхідна для окиснення горючих елементів до маси ВР.

**7. У чому полягає практичне значення розрахунку кисневого балансу ВР?**

- а) Кисневий баланс впливає на процес виділення газів у доквіллія;
- б) кисневий баланс сприяє підвищенню сили вибуху;
- в) речовини, характерні нульовим кисневим балансом, вибухають з максимальним виділенням енергії.

**8. Яку роль у складі вибухових сумішей відіграє невибуховий компонент?**

- а) Розпушувача і стабілізатора;
- б) твердого горючого поглинача;
- в) пластифікатора і терморегулятора.

**9. Чим зумовлені вибухові властивості хімічних сполук?**

- а) Наявністю в їхніх молекулах нітрогруп;
- б) певним співвідношенням атомів горючих елементів (вуглецю та водню) у складі їхніх молекул;
- в) певним співвідношенням нітрогруп та атомів горючих елементів у складі їхніх молекул.

**10. Встановити відповідність між ВР та їх належністю до групи за хімічним складом.**

- |                       |                                |
|-----------------------|--------------------------------|
| а) Азид свинцю;       | 2. азотнокислі ефіри целюлози; |
| б) пікринова кислота; | 1. азотнокислі ефіри спиртів;  |
| в) нітрогіколь;       | 3. нітросполуки;               |
| г) нітрогліцерин;     | 4. солі нітридної кислоти.     |

### **Завдання для самоперевірки**

Виконати у форматі POWER POINT презентаційний матеріал на тему: «Енергонасичені матеріали, їхня характеристика та галузі використання».

Матеріал має складатись із 7–8 слайдів з визначенням характерних властивостей енергонасичених матеріалів та показом галузей їх використання.

## Практична робота № 3

### Тема: Сировина для виробництва енергонасичених матеріалів

**Мета заняття:** ознайомлення з сировинною базою для виготовлення енергонасичених матеріалів (бризантних вибухових речовин).

#### Теоретичні положення

Вихідною сировиною для синтезу бризантних вибухових речовин з огляду на їхню хімічну природу є органічні сполуки: ароматичні вуглеводні (бензол, толуол, ксилол, нафталін, фенол, резорцин, крезол); аліфатичні вуглеводні (метан, етан); ненасичені вуглеводні (ацетилен); аліфатичні спирти (гліцерин, гліколь, пентаеритрит); альдегіди; вуглеводи (целюлоза); ароматичні й аліфатичні аміни (диметиланілін, гексаметилентетрамін, етилендіамін, гуанідин та ін.); аміноспирти (діетаноламін) та ін. (див. рис. 3).

Найбільш доступна сировина для виготовлення ВР – це продукти переробки кам'яного вугілля, а також виготовлені за допомогою нафтохімічного та основного органічного синтезу. До них відносяться аліфатичні й ароматичні вуглеводні, поліспирти, аміни, кислоти. Таким чином, масштаби виробництва і вартість зазначеної сировини залежать не тільки від природних запасів нафти і кам'яного вугілля, але й від рівня розвитку хімічної промисловості.

Останнім часом, дослідження нафтохімії та органічного синтезу сприяли розширенню сировинної бази для виробництва більшості ВР. Наприклад, завдяки застосуванню риформінг-процесу основним джерелом толуолу й ксилолу стала нафта, а раніше сировину для них давала тільки коксохімічна промисловість.

Було освоєно технологію промислового синтезу сировини для ВР на основі аліфатичних сполук. Так, шляхом прямого окиснення метану синтезують формальдегід, необхідний у виробництві уротропіну і пентаеритриту – сировини для гексогену, октогену і тену; за допомогою піролізу метану виготовляють ацетилен, який слугує для виробництва напівпродукту ВР – тринітрометану. Оцтову кислоту й оцтовий ангідрид – сировину для виробництва гексогену й октогену, синтезують з етилену й ацетилену. Досить доступним став гліцерин, отриманий із пропілену через аліловий спирт, – речовина для синтезу нітрогліцерину.

Крім органічних речовин, у виробництві ВР застосовують мінеральні. Це переважно азотна й сульфатна кислоти, торид бору та ін.

При розробці або удосконаленні методів синтезу нових ВР необхідно оцінювати можливі ризики, аби знизити рівень шкідливого впливу процесів їх виготовлення на довкілля, мінімізувати відходи, передбачити схеми їх спрямованої утилізації, знизити собівартість продукту тощо.



Рис. 3. Основні види сировини для виготовлення ВР

### *Завдання для самоперевірки*

Проаналізувати склад шести різних груп ВР за поданою нижче формою (приклад аналізу див. у табл. 3).

**Таблиця 3 – Особливості складових сировинних компонентів ВР**

Сировинні речовини	Функції складових компонентів		Назва ВР
	Джерело атомів горючих елементів (вуглецю та водню)	Джерело нітрогруп (азоту, зв'язаного з киснем)	
1. Аміак, азотна кислота; вуглецевмісні сполуки	Деревне борошно, торф	Аміачна селітра	Динамони
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

### *Контрольні питання*

1. Які види речовин і матеріалів становлять сировинну базу виробництва бризантних ВР?
2. З якою метою в технологіях виробництва енергонасичених матеріалів використовують мінеральні кислоти?
3. Чому для синтезу ВР застосовують селітри?
4. Яку роль відіграють целюлозні матеріали в складі вибухових сумішей?
5. На основі якої нітросполуки виготовлено динаміт?
6. Джерелом яких елементів, каталізаторів вибухових реакцій, є нафта?
7. Які полімерні матеріали слугують сировиною для виробництва ВР?
8. Для синтезу яких ВР використовують оцтову кислоту?
9. На основі якої сировини виготовляють тротил?
10. Назвіть сировинні ресурси для виробництва хлоратних ВР.

## Практична робота № 4

### Тема: Хіміко-технологічний процес виробництва енергонасичених матеріалів: схеми та розрахунки

**Мета заняття:** ознайомлення з принципами складання технологічних схем виготовлення енергонасичених матеріалів (бризантних вибухових речовин).

#### Теоретичні положення

В основі сучасних технологій виробництва бризантних вибухових речовин лежить хімічний синтез. Відповідно до режиму перебігу він може реалізуватись періодичним або безперервним способом.

Реалізацію технологічного процесу виготовлення ВР можна подати у вигляді узагальненої типової принципової схеми (рис. 4).

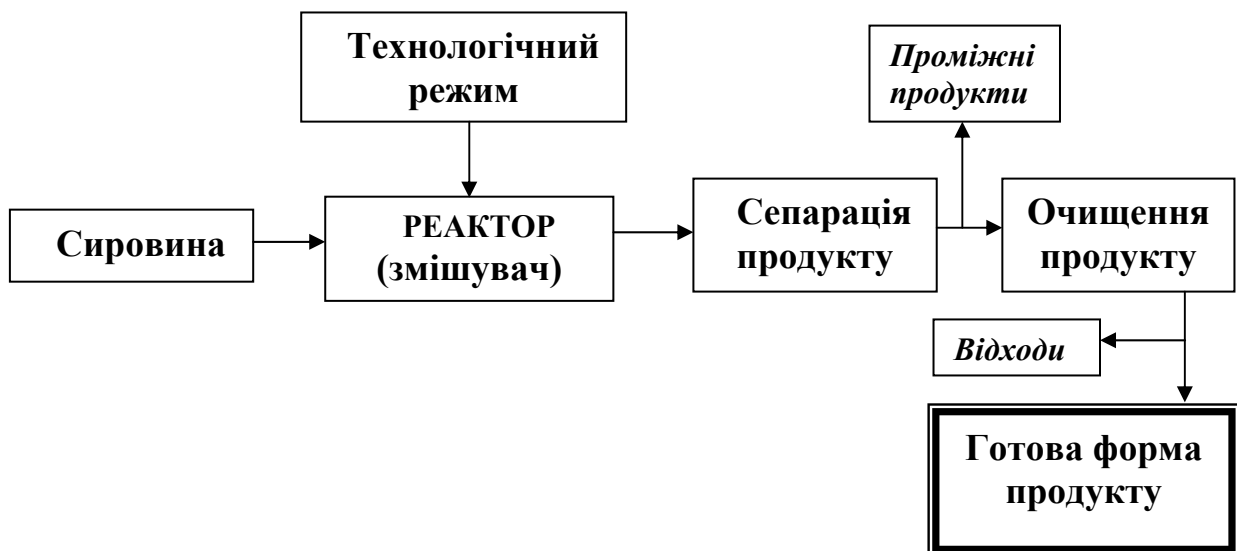


Рис. 4. Блок-схема типового технологічного процесу виробництва ВР

Технології синтезу можуть відрізнятися використанням сировинних речовин, кількістю виробничих стадій та параметрами їх режимів. Протягом кожної технологічної стадії сировина послідовно набуває форми готового продукту через утворення проміжних речовин.

Керуючись схемою технологічного процесу, складають його матеріальний баланс відповідно до кожної стадії, розраховують кількісні переміщення матеріальних потоків, оцінюють технологічну, економічну та екологічну ефективність певної хімічної технології.

### ***Завдання для самоперевірки***

1. Користуючись теоретичним матеріалом розділу 3 (с. 23 – 28 цих рекомендацій), охарактеризувати технологічні процеси виготовлення ВР за поданою нижче формою (приклад характеристики див. у табл. 4).

**Таблиця 4 – Особливості технологічних процесів виготовлення ВР**

Види реакторів для виготовлення ВР	Тип процесу за режимом технології, сировина	Галузі застосування технології ВР
1. Апарат-змішувач	Періодичний спосіб; ВР, пластичний полімерний матеріал, стабілізуючі добавки	Виробництво твердого ракетного палива
2.		
3.		

2. Виконати у форматі POWER POINT презентацію на матеріалі характеристики принципів технологічних схем сучасних способів виробництва ВР.

### ***Контрольні питання***

1. Опишіть типову схему технологічного процесу виготовлення ВР.
2. Які види реакторів застосовують для синтезу ВР?
3. Які переваги мають безперервні способи нітрування толуолу?
4. Суміш яких мінеральних кислот використовується для нітрування органічної сировини?
5. Технологія синтезу якої групи ВР базується на реакції естерифікації?
6. Чому в технологічних процесах синтезу ВР шляхом нітрування передбачено стадію промивання нітропродукту?
7. З якою метою і за допомогою яких пристроїв у нітраторах відбувається механічне перемішування реакційної маси?
8. Чому в реакторі нітрування толуолу передбачено режим охолодження нітропродукту і який пристрій при цьому застосовують?
9. За якими ознаками ВР відносять до класу енергонасичених матеріалів?
10. Які заходи безпеки використовують у технологіях виготовлення ВР?



### 3. ПРИКЛАДИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СИНТЕЗУ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН

На практиці серед поширених бризантних ВР найчастіше застосовують нітроглицеринові (нітрогліцерин) та нітропохідні ароматичного ряду (тротил).

#### 3.1. Принцип побудови технологічної схеми виробництва нітрогліцерину

*Нітрогліцерин* входить до складу нітроглицеринових ВР, які прийнято поділяти на динаміти й низькопроцентні нітроглицеринові ВР.

*Динамітами* називаються суміші нітрогліцерину  $C_3H_5(ONO_2)_3$  [у чистому вигляді або в суміші з нітрогліколем  $C_2H_4(ONO_2)_2$ ] з калієвою ( $KNO_3$ ), натрієвою ( $NaNO_3$ ), іноді з аміачною ( $NH_4NO_3$ ) селітрою, до яких додано деревне борошно й стабілізатори.

Вміст нітрогліцерину в динаміті коливається від 40 до 93 %, а в низькопроцентних нітроглицеринових ВР – від 11 до 30 %.

Основні характеристики нітроглицеринових ВР зумовлені властивостями їх головного компонента – нітрогліцерину, а також нітрогліколю, який додається для зниження температури замерзання суміші. Нітрогліцерин  $C_3H_5(ONO_2)_3$  – це продукт нітрації триатомного спирту – гліцерину, коли останній піддають етерифікації сумішшю концентрованої нітратної та сульфатної кислот. Спрощено процес змішування кислот можна виразити такою реакцією:



Спрощене рівняння етерифікації гліцерину нітратною кислотою за наявності сульфатної кислоти має такий вигляд:



Нітрогліцерин у чистому вигляді являє собою безбарвну прозору рідину маслянистої консистенції, схильну до переохолодження; технічний продукт має слабе жовтувате забарвлення. Він змішується з органічними розчинниками, майже не розчиняється у воді. При нагріванні з водою до 80 °С гідролізується. Швидко розкладається лугами. Токсичний, всмоктується через шкіру, викликає головний біль. Має такі характеристики: температура займання близько 200 °С; теплота вибуху 6,535 МДж/кг; температура вибуху 4110 °С; густина 1,595 г/мл, у твердому стані 1,735 г/мл.

Нітрогліцерин містить у собі великий запас прихованої енергії, яка досить швидко звільняється під впливом тертя, удару або внаслідок швидкого нагрівання.

При вибуху нітрогліцерин повністю розкладається на газоподібні продукти, утворюючи вільний кисень унаслідок такої реакції:



Тонкий шар нітрогліцерину на поверхні матеріалу надзвичайно чутливий до удару й легко детонує від удару залізом по залізу, залізом по каменю, порцеляною по порцеляні й т. д.

Синтез нітрогліцерину періодичними методами пов'язаний з підвищеною небезпекою через перебування його великої кількості у виробничому приміщенні. Застосування установок безперервної дії значно знижує небезпеку виробництва, оскільки на кожному етапі технологічного процесу одночасно перебуває невелика кількість ВР, що мінімізує ризик його вибуху в ході переміщення. Так, при періодичному способі в нітраторі міститься 22 кг продукту, а в сепараторі – 200 кг; а при безперервному 36 і 4 кг відповідно. Крім того, керування безперервним процесом повністю автоматизоване.

Схему безперервного виробництва нітрогліцерину зображено на рис. 5.

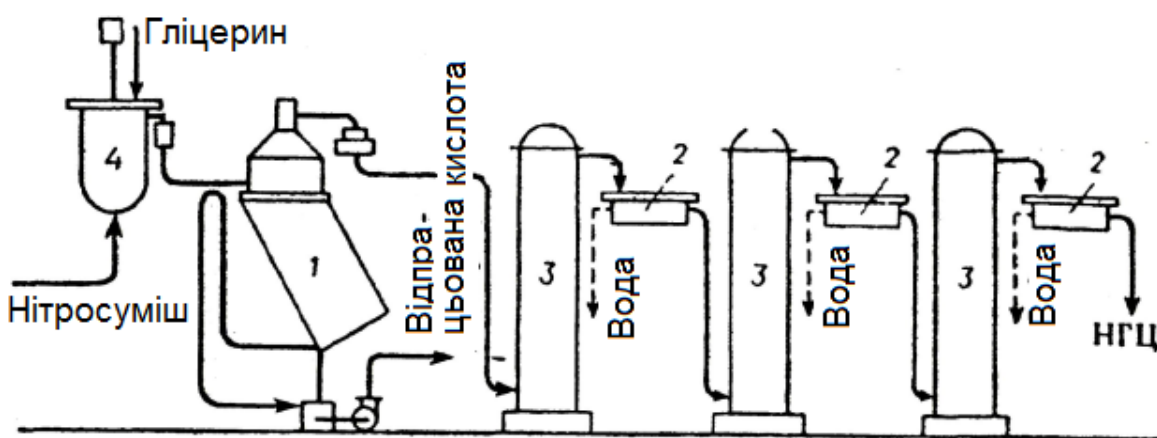


Рис. 5. Принципова технологічна схема безперервного виробництва нітрогліцерину (НГЦ):

1, 2 – сепаратори; 3 – колони для промивання нітрогліцерину; 4 – нітратор

У цій схемі задіяно основні апарати – змішувач-нітратор і сепаратор (див. рис. 6, 7).

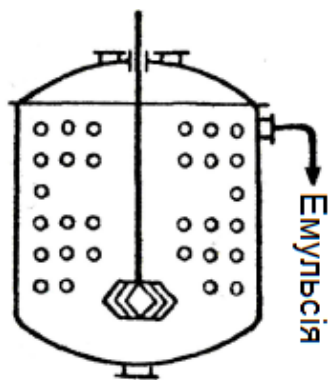


Рис. 6. Схема будови нітратора

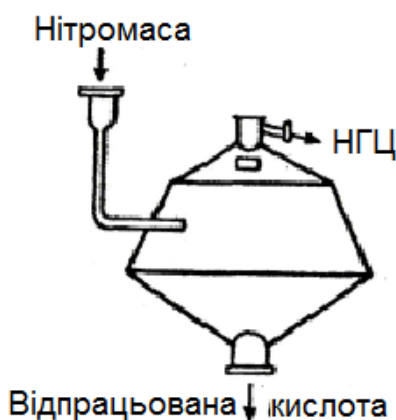


Рис. 7. Схема будови сепаратора

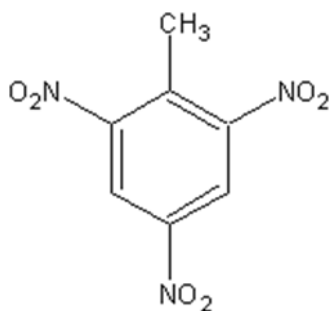
У нітраторі (це циліндричний апарат із сферичним днищем, кришкою та турбозмішувачем) відбувається етерифікація поданого згори гліцерину спочатку в слабку відпрацьовану кислоту. Свіжі порції нітросуміші нітратної та сульфатної кислот надходять знизу й розводяться відпрацьованою кислотою. Отримані продукти реакції інтенсивно перемішуються турбозмішувачем з утворенням емульсії і циркуляційно відкидаються до стінок апарата. Тепло, виділене під час хімічної реакції, відводиться через змійовики, які заповнюють весь апарат.

Сепаратор – це невисокий круглий резервуар, верхня і нижня частини якого мають конічну форму. У верхній – обладнано оглядове скло. Емульсія нітрогліцерину та відпрацьованої кислоти надходить у верхню частину бокової стінки сепаратора і центрифугується шляхом постійного обертання в тангенціальному напрямку (швидкість обертального руху становить 2–3 см/с). При цьому краплі нітрогліцерину збільшуються, а емульсія розділяється на окремі фази – продукт і кислоту. Повільний рух рідини не створює умов для локального розігрівання.

Повне розділення нітрогліцерину і відпрацьованої кислоти відбувається протягом 13 хв, якщо продуктивність установки становить 700 кг/год.

### 3.2. Принцип побудови технологічної схеми виробництва тротилу

**Тротил (тринітротолуол)**  $C_6H_2(ONO_2)_3CH_3$  – це жовтувата кристалічна речовина з температурою плавлення  $80,85\text{ }^\circ\text{C}$  (плавиться в дуже гарячій воді), температурою займання  $290\text{ }^\circ\text{C}$  і густиною  $1654\text{ кг/м}^3$ . Теплота вибуху тротилу становить  $4228\text{ кДж/кг}$ . Тротил менш чутливий до тертя й нагрівання, ніж багато інших вибухових речовин, наприклад, динаміт, і займається тільки за температури  $290\text{ }^\circ\text{C}$ , тому можливе досить безпечне його нагрівання до температури плавлення. Графічна формула тринітротолуолу має такий вигляд:



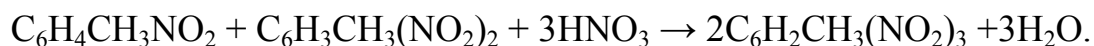
Він являє собою синтезований у два етапи продукт нітрації толуолу.

Перший етап – нітрування толуолу сумішшю нітратної та сульфатної кислот, що супроводжується такою реакцією:



Тут сульфатна кислота слугує як водовіднімний агент.

На другому етапі суміш синтезованих моно- і динітротолуолу нітрують нітратною кислотою за наявності олеуму, а саме:



Олеум являє собою водовіднімний агент. Кислоту, яка лишилася після другого етапу, можна використовувати для першого.

Одностадійний спосіб синтезу передбачає нітрування кислотною сумішшю парів толуолу й тротилу. Для цього толуол подають із сховища у випарник, де його нагрівають та пропускають через нього потік повітря (чи азоту), який переміщує пари толуолу і подає до нітратора (рис. 8).

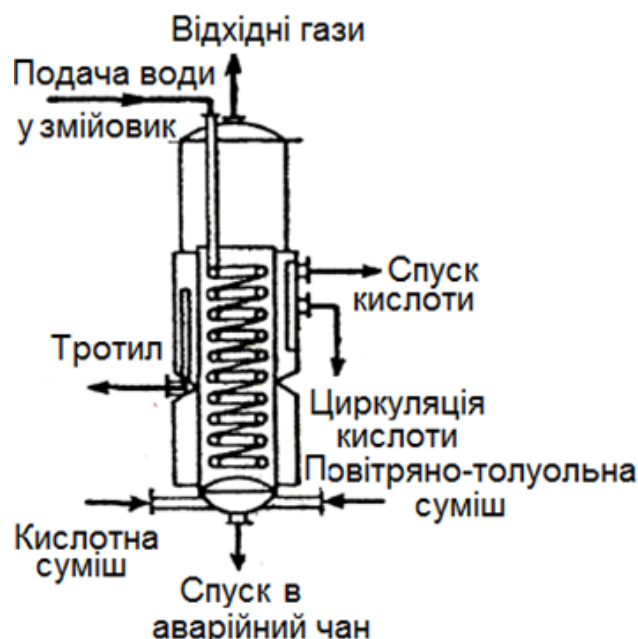


Рис. 8. Нітратор безперервної дії, який включає нітраційне та сепараційне відділення

Нітратор являє собою широку вертикальну трубу, біля якої розміщено ще одну трубу, що слугує сепаратором. Нітратор заповнений кислотною сумішшю; він має решітчасте днище, під яке через шар кислоти підводиться кислотна і повітряно-толуольна суміші. Змійовики всередині нітратора слугують для відведення реакційного тепла. Процес регулюється шляхом зміни швидкості подачі толуолу.

Сучасне виробництво тротилу базується на принципі безперервного протитечійного нітрування, яке забезпечує найменші витрати кислот і перебіг реакції за низької температури, що, у свою чергу, підвищує вихід продукту (тротилу) завдяки зниженню процесів окиснення. Найкращий тип нітраторів для цього способу – це апарати ідеального витіснення, але в них неможливо провести повний цикл нітрування.

Процес протитечійного нітрування розподіляється на ряд стадій, на кожній з яких мають бути апарати, що виконують дві функції: нітратора і сепаратора (рис. 9).

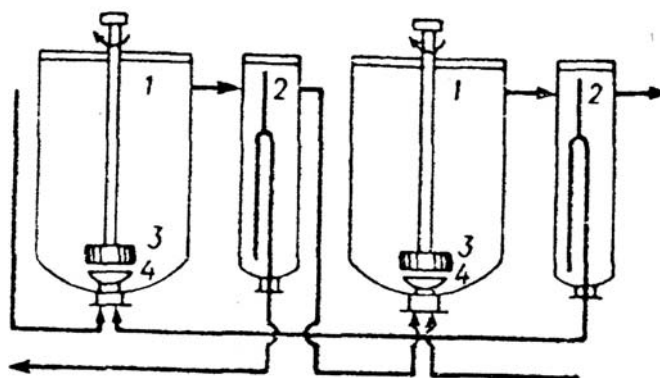


Рис. 9. Конструкційна схема нітраційного вузла для протитечійного нітрування:

1 – нітратор; 2 – сепаратор; 3 – турбінка; 4 – напівсферична чаша

Найбільш близькими до режиму ідеального витіснення визнано колончасті й трубчасті реактори вертикального типу (рис. 10). Технологія нітрування толуолу з отриманням тротилу передбачає різну кількість стадій: одну, дві, три й більше.

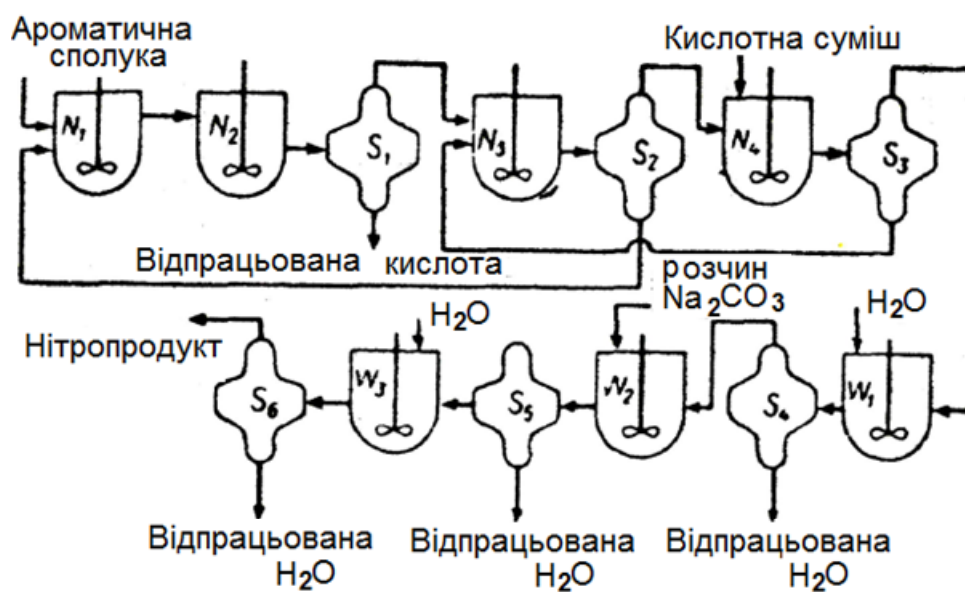


Рис. 10. Принципова технологічна схема безперервного протитечійного способу нітрування ароматичних вуглеводнів (толуолу):

$N_1 - N_4$  – нітратори;  $S_1 - S_6$  – сепаратори;  $W_1 - W_3$  – промивні апарати

Технологічна схема безперервного процесу протитечійного нітрування толуолу (рис. 9) включає послідовно з'єднані реактори, що являють собою ємності зі змішувачами, та статичні сепаратори. Механічне перемішування забезпечує утворення достатньо тонкої емульсії продукту з кислотами й ефективне тепловідведення через стінки змішувачів, розміщених у реакторах. До першого реактора надходить толуол і частково відпрацьована кислотна суміш. Утворена емульсія переміщується через два нітратори ( $N_1$  і  $N_2$ ) у

перший сепаратор, де відбувається розшарування кислотної та органічної фаз. Шар толуолу перетікає в наступний нітратор ( $N_3$ ), а кислотний шар (відпрацьована кислота) прямує на регенерацію сульфатної кислоти. Кислотну суміш, призначену для повного нітрування, подають в останній нітратор ( $N_4$ ), а з нього – через останній сепаратор у зворотному напрямку в попередні нітратори. З останнього сепаратора нітропродукт перетікає у промивні апарати, послідовно з'єднані ємності із змішувачами. Нітропродукт спочатку відмивають від кислоти водою, а потім нейтралізують розведеним розчином соди, а далі – знову водою.

Кількість нітраторів у схемі та їх об'єм зумовлено необхідністю створення певних умов (тривалості процесу, температурного режиму), а також економічною доцільністю.

#### 4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ «ВСТУП ДО ФАХУ»

Результати засвоєння студентом матеріалу визначають за рівнем сформованості його компетентностей, згідно зі схемою додатка до диплома європейського зразка (табл. 5):

**Таблиця 5 – Шкала оцінювання навчальних досягнень здобувачів вищої освіти**

Рівень досягнень / Marks, %	Оцінка / Grade
Національна диференційована шкала	
90 – 100	Відмінно / Excellent
74 – 89	Добре / Good
60 – 73	Задовільно / Satisfactory
1 – 59	Незадовільно / Fail

#### Рівні сформованості компетентностей

- Відмінно** – виставляється, якщо при відповіді на питання студент виявив знання та вміння для виконання повного обсягу завдань, передбачених програмою, а також знання матеріалу додаткової літератури на рівні його творчого використання.
- Добре** – виставляється, якщо при відповіді на питання студент виявив знання та вміння для виконання завдань, передбачених програмою на рівні аналогічного відтворення.
- Задовільно** – виставляється, якщо при відповіді на питання студент виявив знання та вміння для виконання завдань, передбачених програмою на рівні репродуктивного відтворення.
- Незадовільно** – виставляється, якщо при відповіді на питання студент виявив серйозні пробіли в знаннях основного матеріалу, допустив принципові помилки при виконанні завдання на рівні, нижчому від репродуктивного відтворення.

## ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про вищу освіту» від 01.07.2014 // Відомості Верховної Ради. – № 37, 38. – Київ, 2014. – 7 с.
2. Постанова Кабінету Міністрів України від 26.04.2015 № 266 «Перелік галузей знань і спеціальностей, за якими здійснюється підготовка здобувачів вищої освіти», чинний з 1.09.2015. – Київ, 2015. – 2 с.
3. Наказ ректора Державного ВНЗ «Національний гірничий університет» від 27.01.2016 № 4 «Про систему внутрішнього забезпечення якості вищої освіти».
4. Політика забезпечення якості вищої освіти Державного ВНЗ «Національний гірничий університет [Електронний ресурс] / М-во освіти і науки України; Нац. гірн. ун-т. – Дніпро : НГУ, 2016. – 14 с. Режим доступу: <http://www.nmu.org.ua/>.
5. Христофоров А.И. Введение в специальность «Химические технологии»: учеб.-практ. пособ. / А.И. Христофоров, И.А. Христофорова. – Владимир : Владимирский гос. ун-т, 2016. – 123 с.
6. Ротарь О.В. Введение в специальность «Химическая технология высокомолекулярных соединений»: курс лекций / А.И. Христофоров, И.А. Христофорова. – Томск : Томский политех. ун-т, 2009. – 83 с.
9. Бобович, Б.Б. Неметаллические конструкционные материалы : учеб. пос. для вузов / Б.Б. Бобович. – Москва : Московский гос. информ. ун-т, 2009. – 383 с.
10. Материаловедение : практикум / В.И. Городниченко и [др.]; под ред. С.В. Ржевской. – 2-е изд. – Москва : Московский гос. горный ун-т, 2000. – 303 с.
11. Глубіш П.А. Органічний синтез : навч. посіб. – У 2-х ч. – Ч. I / П.А. Глубіш; М-во освіти і науки України, Київ : Ін-т змісту і методів навчання, 1997. – 320 с.
12. Кириченко В.І. Загальна хімія : навч. посіб. / В.І. Кириченко. – Київ : Вища шк., 2005. – 639 с.

### Інформаційні ресурси

1. <http://chemistry-chemists.com>
2. <http://himik.nmu.org.ua/ua/>
3. <http://fit.nmu.org.ua/ua/>



## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА.....	3
1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ.....	5
1.1. Короткий історичний огляд появи й розвитку хімічної технології.....	5
2. ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ.....	10
Практична робота № 1. Тема: Організація пошуку інформаційних джерел науково-методичної бази вивчення хімічних технологій .....	10
Практична робота № 2. Тема: Енергонасичені матеріали: характеристика та класифікація.....	13
Практична робота № 3. Тема: Сировина для виробництва енергонасичених матеріалів.....	18
Практична робота № 4. Тема: Хіміко-технологічний процес виробництва енергонасичених матеріалів: схеми та розрахунки.....	21
3. ПРИКЛАДИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ СИНТЕЗУ ВИБУХОВИХ РЕЧОВИН.....	23
4. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ.....	29
ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	30

**Светкіна Олена Юріївна**  
**Лисицька Світлана Майорівна**

**ВСТУП ДО ФАХУ**  
**«ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ЕНЕРГОНАСИЧЕНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ**  
**МАТЕРІАЛІВ»**

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**  
**ДЛЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ СТУДЕНТАМИ**  
**СПЕЦІАЛЬНОСТІ 161 ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ІНЖЕНЕРІЯ**

**Редактор О.Н. Ільченко**

Підп. до друку 19.04.2018. Формат 30 x 42/4.  
Папір офсет. Ризографія. Ум. друк. арк. 1,86.  
Обл.-вид. арк. 2,3. Тираж 20 пр. Зам.

**НТУ «Дніпровська політехніка»**  
**49005, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19.**