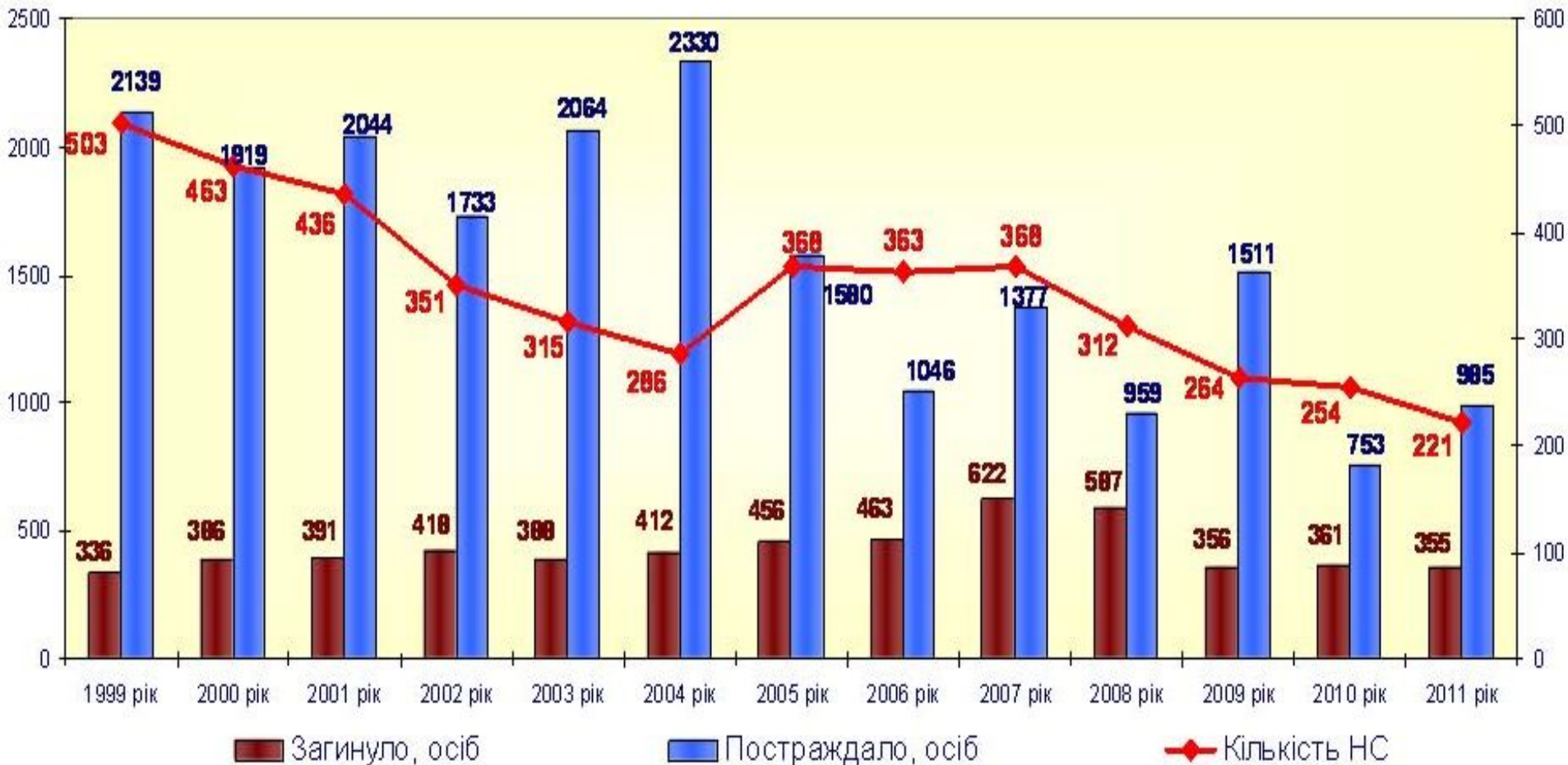


# **ТЕОРІЯ ГОРІННЯ ТА ВИБУХУ**



# Динаміка кількості надзвичайних ситуацій, загиблих та постраждалих у НС на Україні за 1999 - 2011 роки



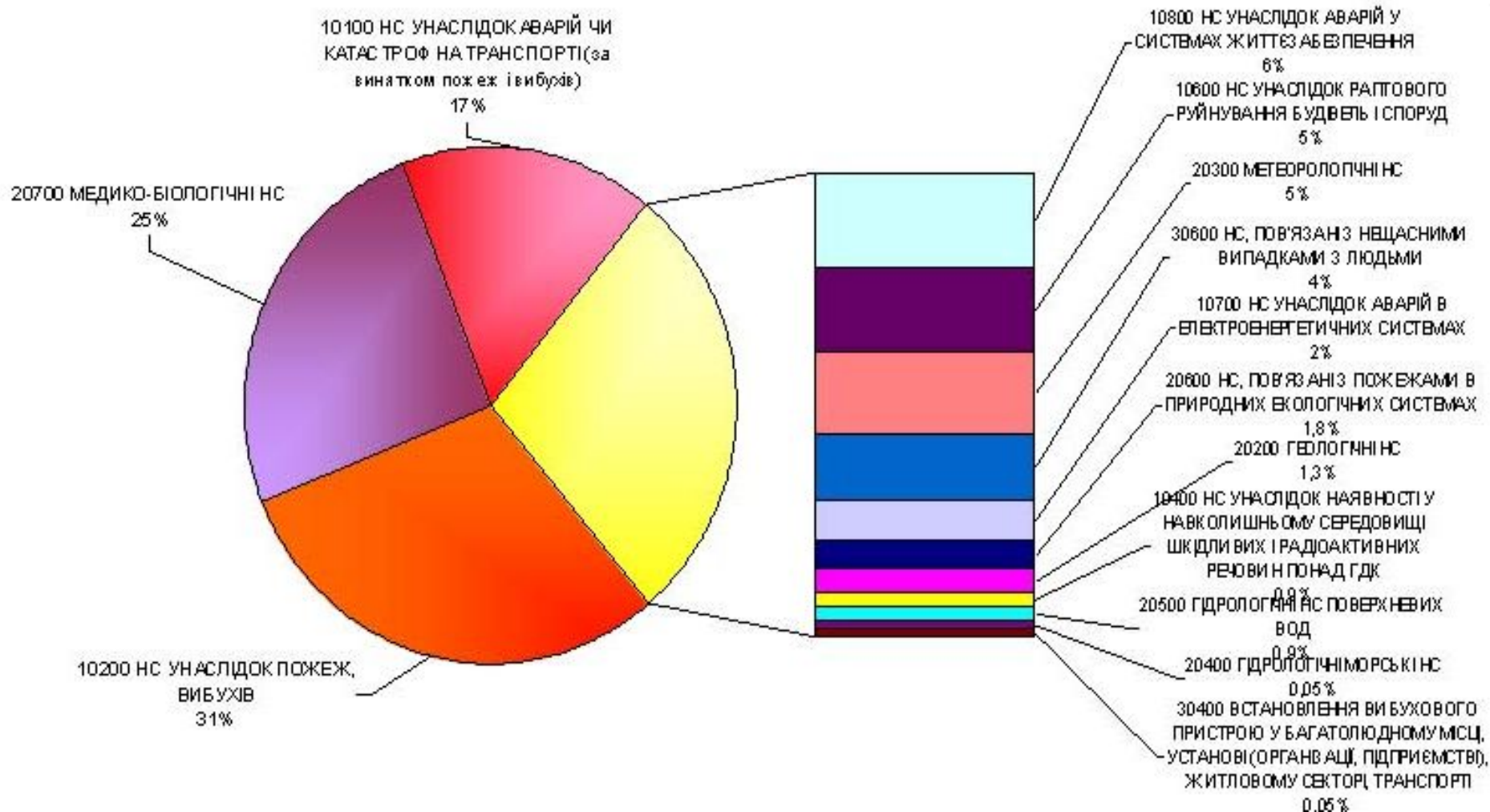


# Кількісні показники НС, які виникли впродовж 2011 року

Дані про надзвичайні ситуації	2010 рік	2011 рік	Зменшення (збільшення), у відсотках
<b>Загальна кількість НС:</b>	<b>254</b>	<b>221</b>	<b>13,0 ↓</b>
<i>В тому числі:</i>			
Техногенного характеру	135	134	0,7 ↓
Природного характеру	108	77	28,7 ↓
Соціального характеру	11	10	9,1 ↓
<i>В тому числі за рівнями:</i>			
Державного рівня	5	4	20,0 ↓
Регіонального рівня	16	3	81,3 ↓
Місцевого рівня	107	89	16,8 ↓
Об'єктового рівня	126	125	0,8 ↓
<b>Загинуло людей внаслідок НС</b>	<b>361</b>	<b>355</b>	<b>1,7 ↓</b>
<b>Постраждало людей внаслідок НС</b>	<b>753</b>	<b>985</b>	<b>30,8 ↑</b>
<b>Матеріальні збитки від НС, тис. грн.</b>	<b>984 704</b>	<b>98 098</b>	<b>90,0 ↓</b>

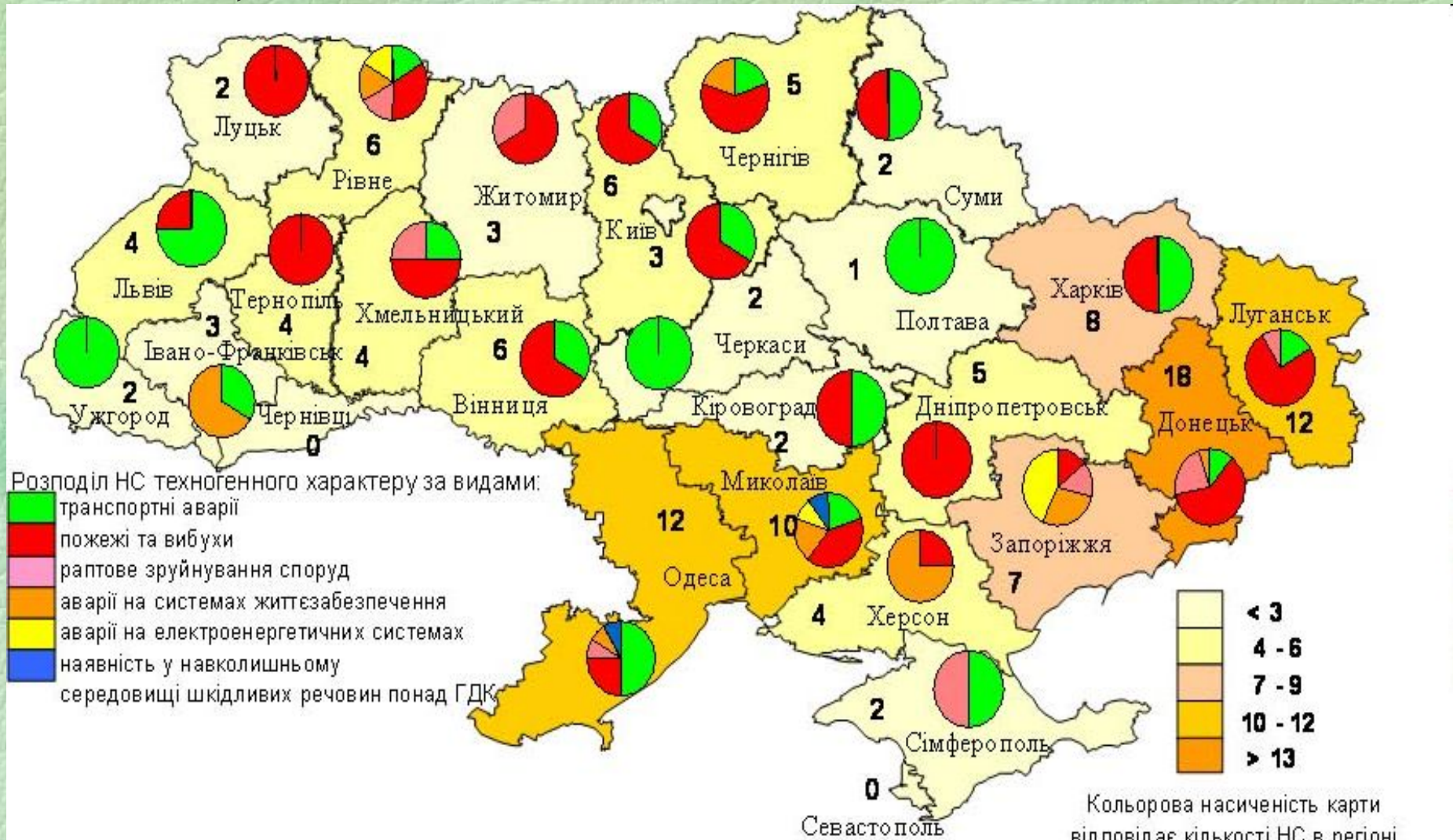
НС техногенного характеру складають більше 60 %, серед них половина пов'язані з пожежами та вибухами.

## Розподіл НС за видами





Територіально найбільше НС техногенного характеру у 2011 році виникло на сході та півдні України (у Донецькій обл. - 18 НС, Луганській - 12 НС, Одеській - 12 НС та Миколаївській - 10 НС





Серед основних причин виникнення НС техногенного характеру є:

- недотримання правил пожежної безпеки;
- порушення вимог технологічних процесів;
- застарілість та фізична зношеність обладнання, комунікацій тощо.

Внаслідок пожеж та вибухів зареєстровано найбільшу кількість загиблих у НС техногенного характеру (162 особи). В середньому у 2011 році в кожній НС, пов'язаній із пожежами, гинуло троє та травмувалася одна особа.

Матеріальні збитки внаслідок НС техногенного характеру у 2011 році становили близько 26,5 млн. гривень.



# Розділи дисципліни “Теорія горіння та вибуху”:

1. Основи процесів горіння та вибуху.
2. Виникнення процесів горіння та вибуху.
3. Розвиток процесів горіння.
4. Запобігання процесів горіння.



# Рекомендована література:

1. Теорія розвитку та припинення горіння: Практикум в 2 частинах / Тарахно, Трегубов, Жернокльов
2. Тарахно, Жернокльов, “Лабораторний практикум з курсу ТРтаПГ” / Тарахно, Жернокльов, Баланюк
3. Методичні вказівки до вивчення курсу ТРтаПГ.
4. Корольченко, Баратов. 'Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и способы их тушения'. Справочник в 2 томах;
5. Демидов, Саушев “Горение и свойства горючих веществ”.
6. Електронний підручник з дисципліни "Теорія розвитку та припинення горіння"/ Тарахно О.В., Жернокльов К. В., Трегубов Д.Г.



# **Розділ I**

# **ОСНОВИ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ**

# **ТА ВИБУХУ**

## **Тема 1**

### **Загальні відомості про природу процесів горіння та вибуху**

## **Лекція 1**

### **Класифікація процесів горіння та вибуху**



# План лекції

1. Сутність процесів горіння та вибуху.
2. Класифікація вибухів.
3. Класифікація процесів горіння.



# **1. СУТНІСТЬ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ ТА ВИБУХУ**





**Вибух** – це фізичне чи хімічне перетворення речовини, що супроводжується швидким переходом її енергії в енергію стиснення і руху вихідної речовини чи продуктів її перетворення і навколишнього середовища.

Вибух може бути викликаний:

- детонацією конденсованих вибухових речовин (ВВ);
- швидким згорянням вибухонебезпечної хмари газу або пилу;
- швидким протіканням ядерних реакцій;
- раптовим руйнуванням посудини зі стисненим газом або з перегрітою рідиною;
- змішуванням перегрітих твердих речовин (розплаву) з холодними рідинами.



У результаті вибуху речовина, що заповнює об'єм, у якому відбувається вивільнення енергії, перетворюється в сильно нагрітий газ (плазму) з дуже високим тиском (до декількох сотень тисяч атмосфер).

Вибух у твердому середовищі супроводжується руйнуванням і дробленням, у водному середовищі - утворенням гідравлічної хвилі, а у повітряному - повітряної ударної хвилі, які впливають на об'єкти.

**Вибухова хвиля** - є рух середовища, породжене вибухом, при якому відбувається різке підвищення тиску, густини й температури середовища.

Фронт (передня границя) вибухової хвилі поширюється по середовищу з великою швидкістю, у результаті чого область, що охоплена рухом, швидко розширюється. У міру збільшення відстані від місця вибуху механічний вплив вибухової хвилі



## *Явище вибуху включає дві стадії:*

- перетворення вихідної потенційної енергії того чи іншого виду в енергію нагрітих стиснутих газів;
- розширення стиснутих газів, що переходить у механічну роботу (енергію руху, стиснення, розігріву середовища).

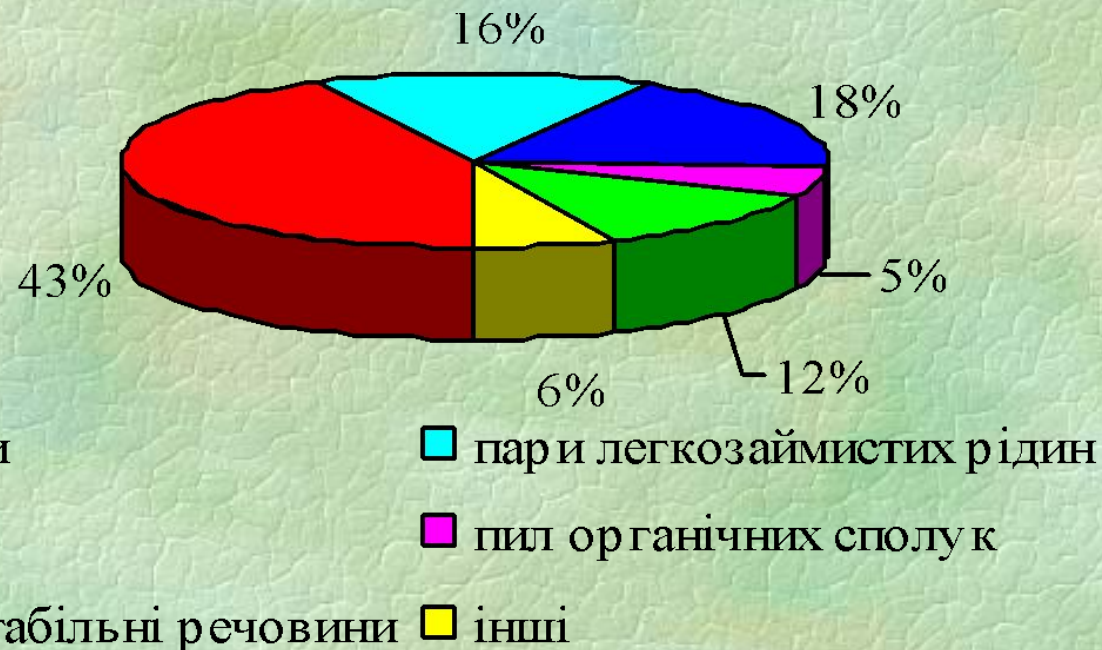
Частина енергії залишається у вигляді внутрішньої (теплової) енергії газів, що розширилися.





Технологічна система є вибухонебезпечною, якщо вона має запас потенційної енергії, яка вивільняється з настільки великою швидкістю, що може *генерувати повітряну ударну хвилю*, здатну викликати руйнування або ураження людей.

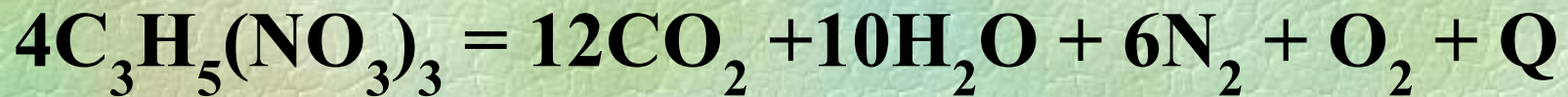
Більше 90 % вибухів пов'язано з процесом *горіння* певних речовин та матеріалів і подальшим виникненням *пожежі*.



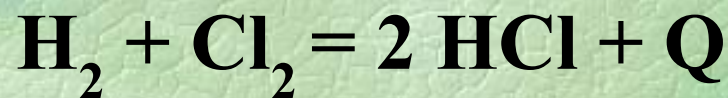


**Горіння** – це складний фізико-хімічний процес, основою якого є швидка реакція окислення, що супроводжується інтенсивним виділенням енергії у вигляді тепла та світлового випромінювання.

Внутрішньомолекулярні реакції:



Міжмолекулярні реакції:





# **ХАРАКТЕРНІ ОЗНАКИ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ:**

- велика швидкість хімічного перетворення (реакції окислення);
- виділення достатньої кількості тепла;
- здатність до самостійного підтримування процесу, тобто до самопоширення.



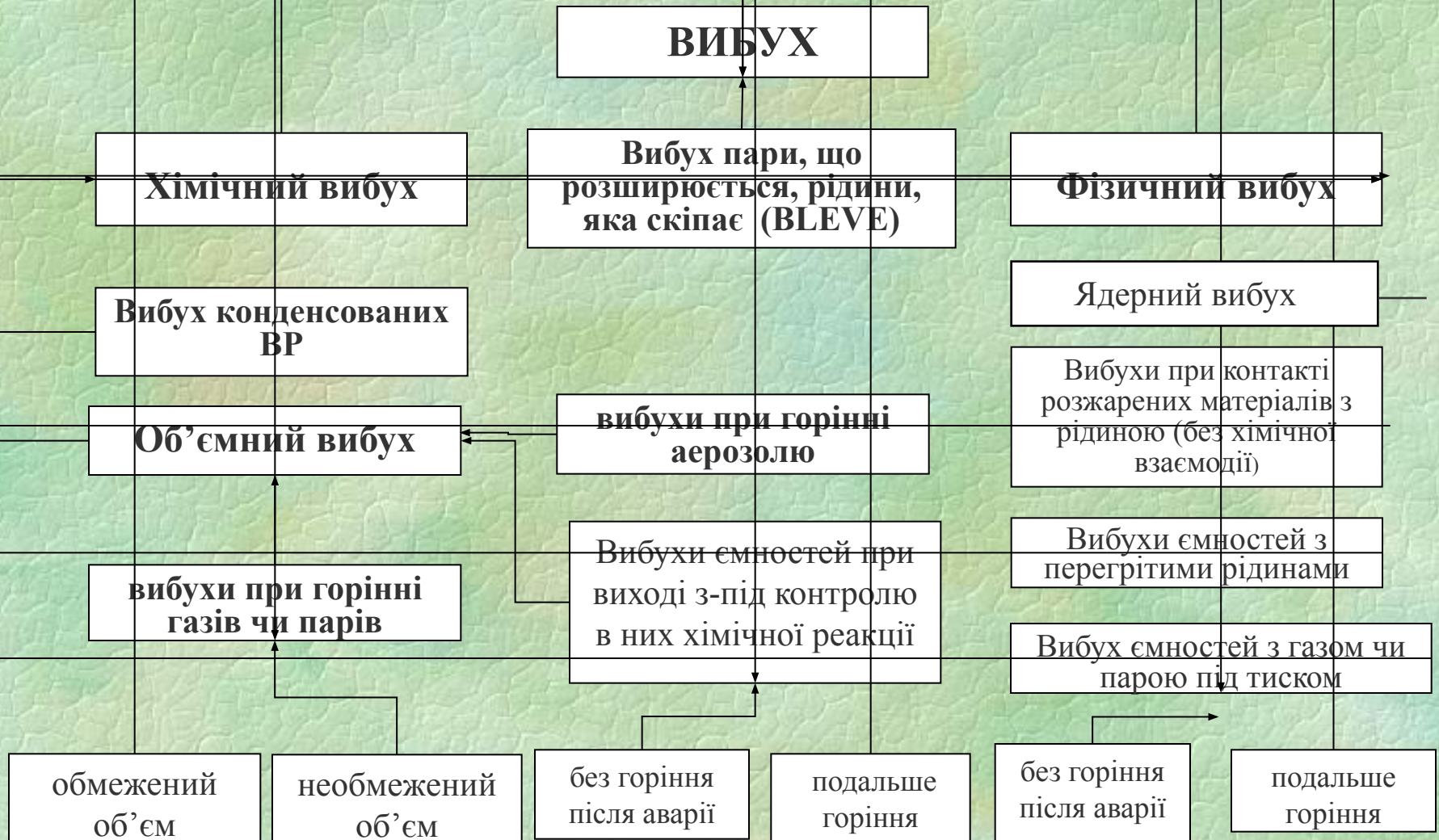
**Пожежа** – це позарегламентний процес знищення або пошкодження вогнем майна, під час якого виникають чинники, небезпечні для живих істот і довкілля.

**Горіння** – це реакція, при якій горючі речовини і матеріали під впливом високих температур вступають у хімічну взаємодію з киснем повітря, перетворюючись у продукти горіння з виділенням значної кількості тепла.



## 2. КЛАСИФІКАЦІЯ ВИБУХІВ

Залежно від виду енергоносіїв і умов енерговиділення вибухи можуть бути хімічними, фізичними і фізико-хімічними.





Джерелом *хімічного вибуху* являються швидкі реакції горіння, що самотійно прискорюються, або реакції термічного розкладання нестабільних сполук (ацетилен, етилен схильні до розкладання за відсутності окисника).

Енергоносіями хімічних вибухів можуть бути тверді, рідкі, газоподібні горючі речовини, а також аерозолі горючих речовин (рідких і твердих) в окисному середовищі, у т.ч. і в повітрі.

Вибухи газопароповітряних і пилоповітряних сумішей утворюють клас *об'ємних вибухів*.

Вибухи *газопароповітряних сумішей* можуть виникати як в приміщеннях, так і в необмеженому просторі (атмосфері), а вибухи *аерозолю пилу* виникають в обмеженому просторі (приміщеннях, обладнанні).

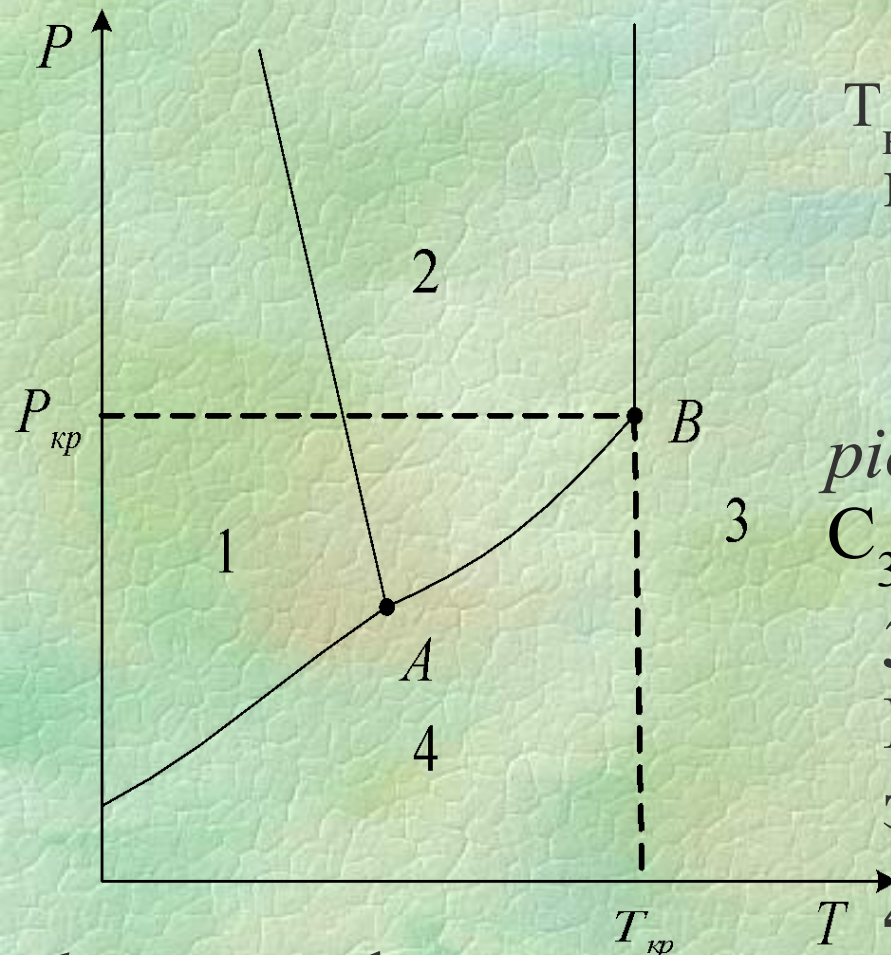


*Вибух фізичний* пов'язаний зі зміною фізичного стану речовини, що супроводжується швидким виділенням енергії і утворенням стиснутих газів, здатних виконувати механічну роботу. Не супроводжуються хімічними перетвореннями з виділенням тепла та утворенням продуктів реакції. Фізичні вибухи проходять за рахунок вивільнення енергії внутрішньоядерної енергії (ядерний вибух), електромагнітної енергії (іскровий розряд), енергії стиснених газів (при перевищенні тиску газу в посудині межі міцності цієї посудини)

Джерелом енергії *ядерних вибухів* є швидкоплинні ланцюгові ядерні реакції синтезу легких ядер (дейтерію й тритію) або ділення важких ядер ізотопів урану й плутонію.



Залежно від тиску  $P$  и температури  $T$  речовина може перебувати в різних агрегатних станах



1 – тверда фаза,  
2 – рідина, 3 – газ, 4 – пара  
 $AB$  – лінія насиченої пари

**1 категорія** – речовини із  $T_{кр} < T_{серед}$  (криогенні речовини – метан, азот, кисень);

**2 категорія** – речовини із  $T_{кип} < T_{серед} < T_{кр}$  (перегряті рідини - зріджений нафтовий газ,  $C_3H_8$ ,  $C_4H_{10}$ ,  $NH_3$ ,  $Cl_2$ );

**3 категорія** – речовини, у яких  $P_{кр} > P_{атм}$  й  $T_{кип} > T_{сер}$  (рідини за звичайних умов);

**4 категорія** – речовини, що знаходяться за підвищених тисків і температур, які перевищують їх  $T_{кип}$  при  $P_{атм}$ .



При руйнуванні ємностей із речовинами 1-ої і 2-ої категорії відбувається їх викид в атмосферу, скипання зі швидким випаровуванням і утворенням хмари газопароповітряних сумішей.

При розлитті рідин 3-ої категорії відбувається їх випаровування, швидкість якого залежить від летючості, температури зовнішнього середовища й швидкості вітру.

Фізичні вибухи виникають при змішуванні гарячої й холодної рідин, коли температура однієї з них значно перевершує температуру кипіння іншої. Випаровування у цьому випадку протікає вибуховим образом.



Фізико-хімічний вибух - вибух *парів, які розширюються, рідини, що скипає - BLEVE* (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion - взрив расширяющихся паров вскипающей жидкости). Можливий для ємностей, що містять горючий зріджений газ або легкокиплячу рідину під тиском, які піддаються зовнішньому нагріванню.

При потраплянні замкнутого резервуара у вогнище пожежі відбувається нагрівання вмісту резервуара до  $T \gg T_{\text{кип}}$  з відповідним підвищенням тиску.

За рахунок нагрівання незмочених стінок посудини зменшується межа їх міцності, у результаті чого за певних умов відбувається розрив резервуара внаслідок *фізичного вибуху* і наступний за цим *хімічний вибух* горючої суміші, яка утворюється при виході у навколишнє середовище.



## ***BLEVE відбувається в три етапи:***

- газова фаза звільняється із ємності через запобіжний клапан або пошкодження в стінках резервуару, створюючи хвилю тиску зовні посудини; тиск усередині посудини різко падає;
- рідка фаза, яка була стиснута та значно перегріта у попередній момент часу, активно об'ємно скипає, щоб компенсувати дане падіння тиску; кількість газу, що вивільняється, переповняє посудину, газ не встигає вийти через отвір, який утворився, відбувається повне руйнування посудини, створюється друга хвиля тиску потужніша, ніж перша, - ударна хвиля, що супроводжується розкиданням металевих осколків;
- газ вивільняється з посудини й змішується з повітрям; у випадку якщо газ горючий, виникає горіння утворюється "вогнена куля"



# **3. КЛАСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ГОРІННЯ**





# УМОВИ ВИНИКНЕННЯ ГОРІННЯ:

- наявність горючої системи (горючої речовини та окислювача в певному співвідношенні);
- вплив на горючу систему теплового імпульсу достатньої потужності.



# 1. За агрегатним станом компонентів горючої суміші в зоні горіння

◆ гомогенне

◆ гетерогенне

- гомогенне - горіння, коли компоненти горючої суміші в зоні горіння знаходяться в однаковій фазі,

$$\omega_{x.p.} = k_o \varphi_{гр}^n \varphi_{ок}^m \exp\left(\frac{-E_{акт}}{RT}\right)$$

- гетерогенне - горіння, коли компоненти горючої суміші в зоні горіння знаходяться в різних агрегатних станах.

$$\omega_{x.p.} = k_o \varphi_{ок} \exp\left(\frac{-E_{акт}}{RT}\right)$$



## 2. За газодинамічним режимом надходження горючої суміші

◆ *ламінарне*

◆ *турбулентне*

- *ламінарне горіння* спостерігається, якщо компоненти горючої суміші надходять до зони реакції повільно за законами молекулярної або слабкої конвекційної дифузії;
- *турбулентне горіння* спостерігається, якщо компоненти горючої суміші надходять в зону горіння інтенсивно, з завихреннями, перемішуванням продуктів горіння з вихідною сумішшю.



### 3. За способом утворення горючої суміші

◆ *дифузійне*

◆ *кінетичне*

$$\tau_{\text{гор}} = \tau_{\text{фіз.}} + \tau_{\text{х.р.}}$$

- *дифузійним* називається горіння, швидкість якого визначається швидкістю дифузії компонентів горючої суміші в зону горіння.

$$\tau_{\text{диф}} \gg \tau_{\text{х.р.}}$$

$$\tau_{\text{гор}} \approx \tau_{\text{фіз. (диф.)}}$$

$$\omega_{\text{гор}} \approx \omega_{\text{фіз}}$$

$$\omega_{\text{фіз}} = \gamma \phi_{\text{ок}}$$

- *кінетичним* називається горіння, швидкість якого лімітується тільки швидкістю хімічної реакції (кінетикою) між горючою речовиною і окислювачем.

$$\tau_{\text{диф}} \ll \tau_{\text{х.р.}}$$

$$\tau_{\text{гор}} \approx \tau_{\text{х.р.}}$$

$$\omega_{\text{гор}} \approx \omega_{\text{х.р.}}$$



## 4. За механізмом поширення горіння

◆ *дефлаграційне* ◆ *детонаційне*

- *дефлаграційне горіння* спостерігається, якщо процес поширюється за рахунок передачі тепла від зони горіння до свіжої горючої суміші;
- *детонаційне горіння* спостерігається, якщо процес поширюється за рахунок різкого збільшення тиску в вихідній горючої суміші.

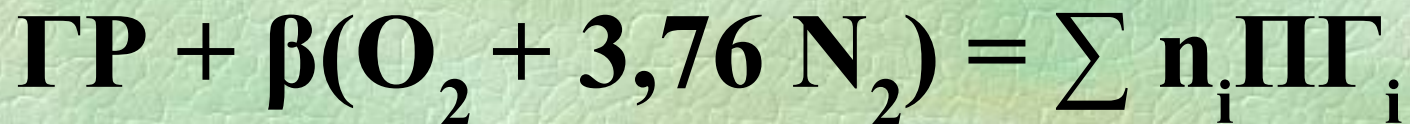


# МЕТОДИКА

## СКЛАДАННЯ РІВНЯНЬ РЕАКЦІЇ ГОРІННЯ

1. Рівняння складається на *1 моль* ГР.
2. Через те, що повітря складається із 79 %  $N_2$  і 21 %  $O_2$ , тобто на 1 моль  $O_2$  припадає  $79:21 = 3,76$  молей  $N_2$ , в рівнянні склад повітря записується як  $(O_2 + 3,76 N_2)$ .
3. Горюча речовина (ГР) та окисник (Ок) вступають у взаємодію у стехіометричному співвідношенні.

Загальний вигляд реакції горіння:





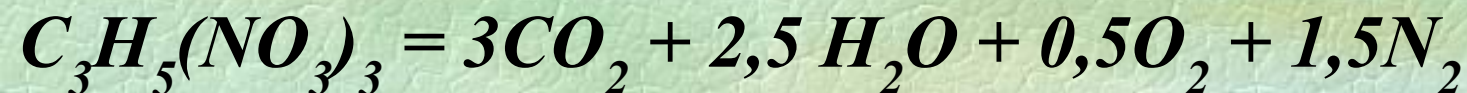
#### 4. Утворюються продукти повного згоряння.

<b>елемент</b>	<b>продукт горіння</b>
<i>C</i>	<i>CO<sub>2</sub></i>
<i>H</i>	<i>H<sub>2</sub>O</i>
<i>S</i>	<i>SO<sub>2</sub></i>
<i>P</i>	<i>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></i>
<i>Si</i>	<i>SiO<sub>2</sub></i>
<i>Me</i>	<i>оксид металу</i>
<i>N</i>	<i>N<sub>2</sub></i>
<i>F, Cl, Br, J</i>	<i>HF, HCl, HBr, HJ</i>

Галогеноводні утворюються внаслідок взаємодії *галогенів* з атомами *гідрогену*, які входять до складу ГР:



Присутній в ГР *кисень* вступає до реакції окислення подібно кисню повітря:





5. Число атомів урівнюють в послідовності:

- карбон,
- галогени,
- сульфур, фосфор, силіцій, метал,
- водень.

Останніми урівнюється число атомів  
кисню та азоту.



# Завдання на самопідготовку:

1. Вивчити теоретичний матеріал

Демидов, Шандыба, Щеглов:- Горение и свойства горючих веществ, стор. 7-11, 47-52.

2. Скласти рівняння реакції горіння речовин в повітрі:

