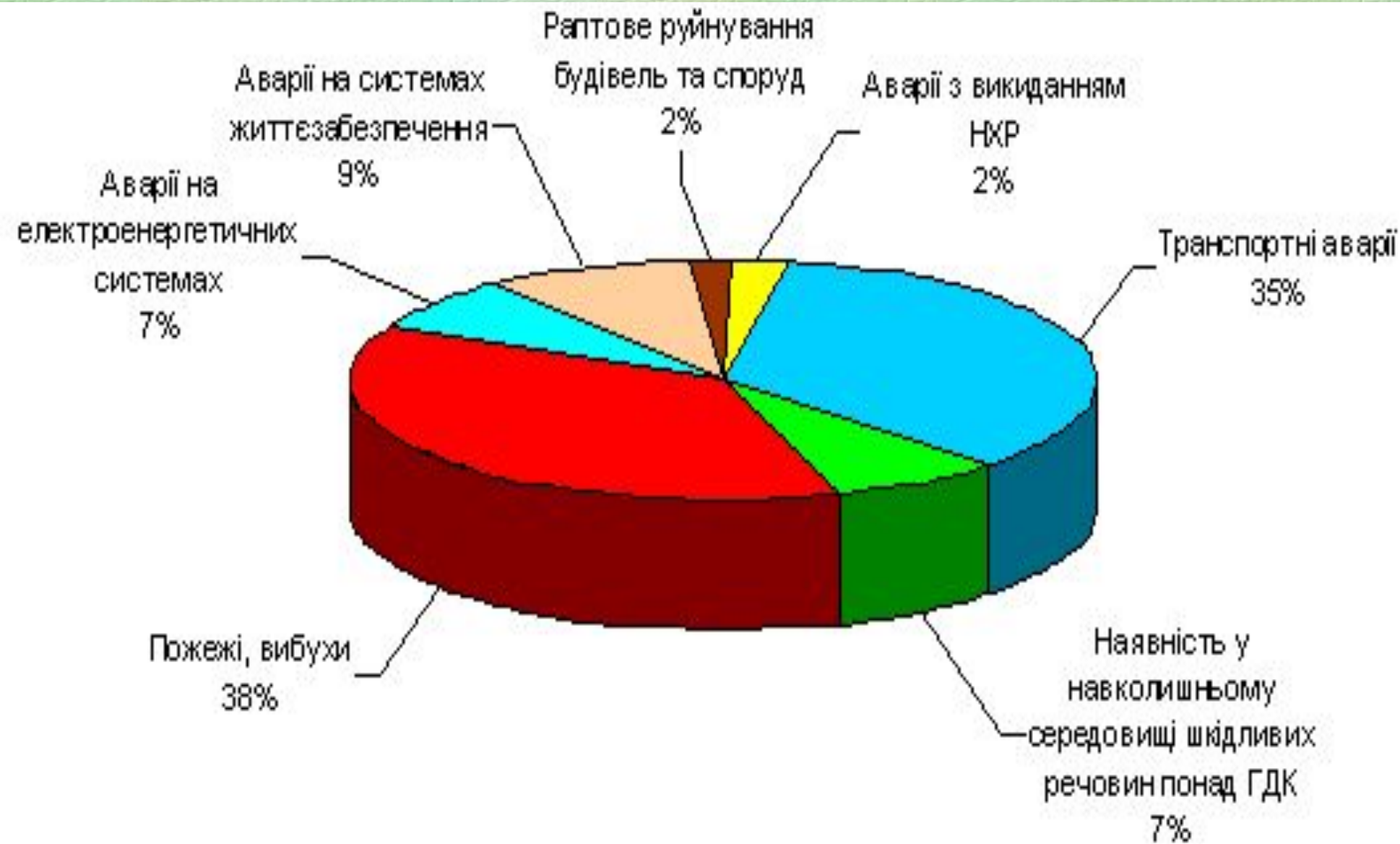


# **Тема 11. ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ ГОРІННЯ В ОГОРОДЖЕННІ**

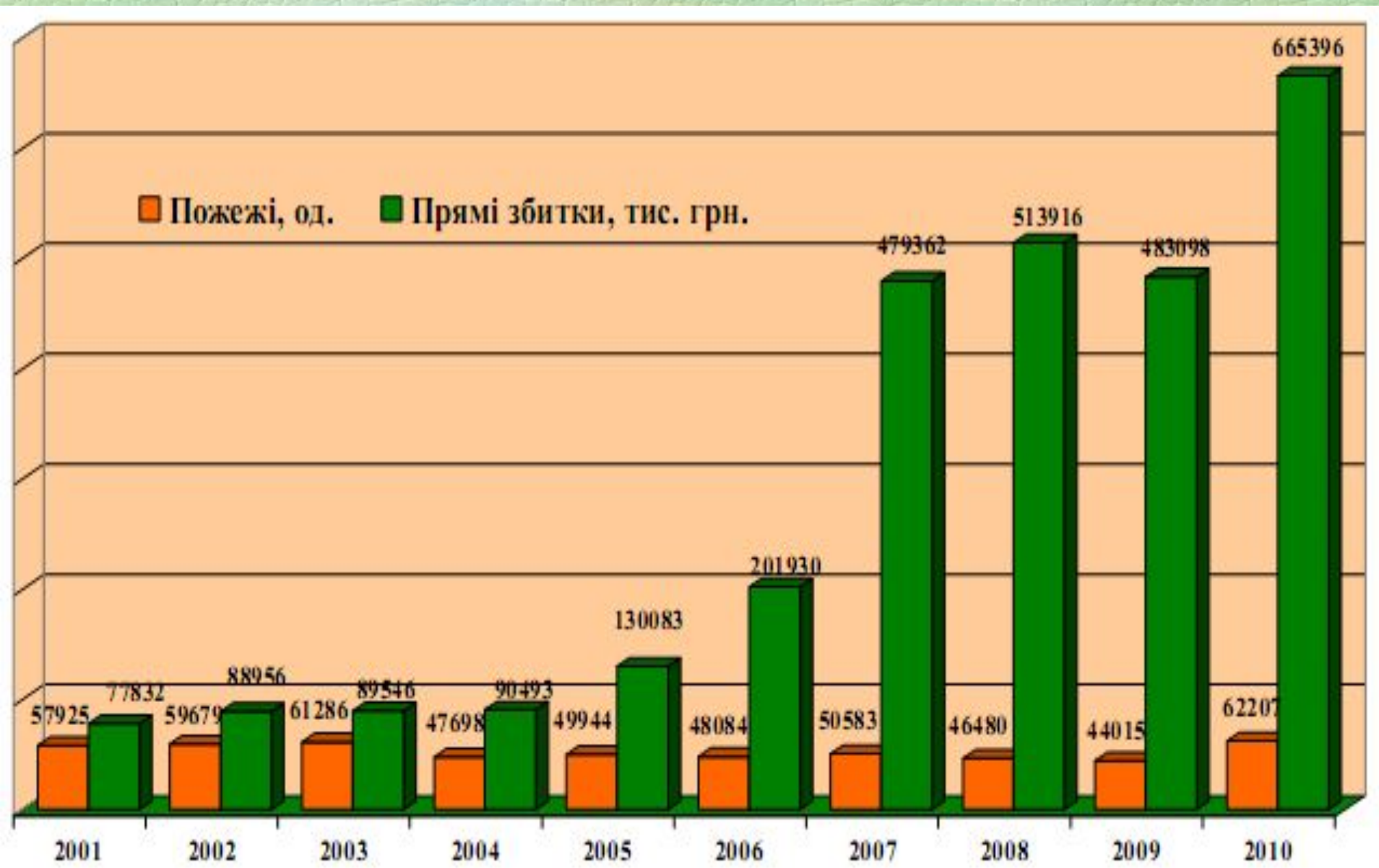
## **Лекція** **ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПОЖЕЖІ. РОЗВИТОК ПОЖЕЖІ В ПРИМІЩЕННІ**

# Співвідношення НС техногенного характеру, що виникли у 2000 - 2010 рр., за видами

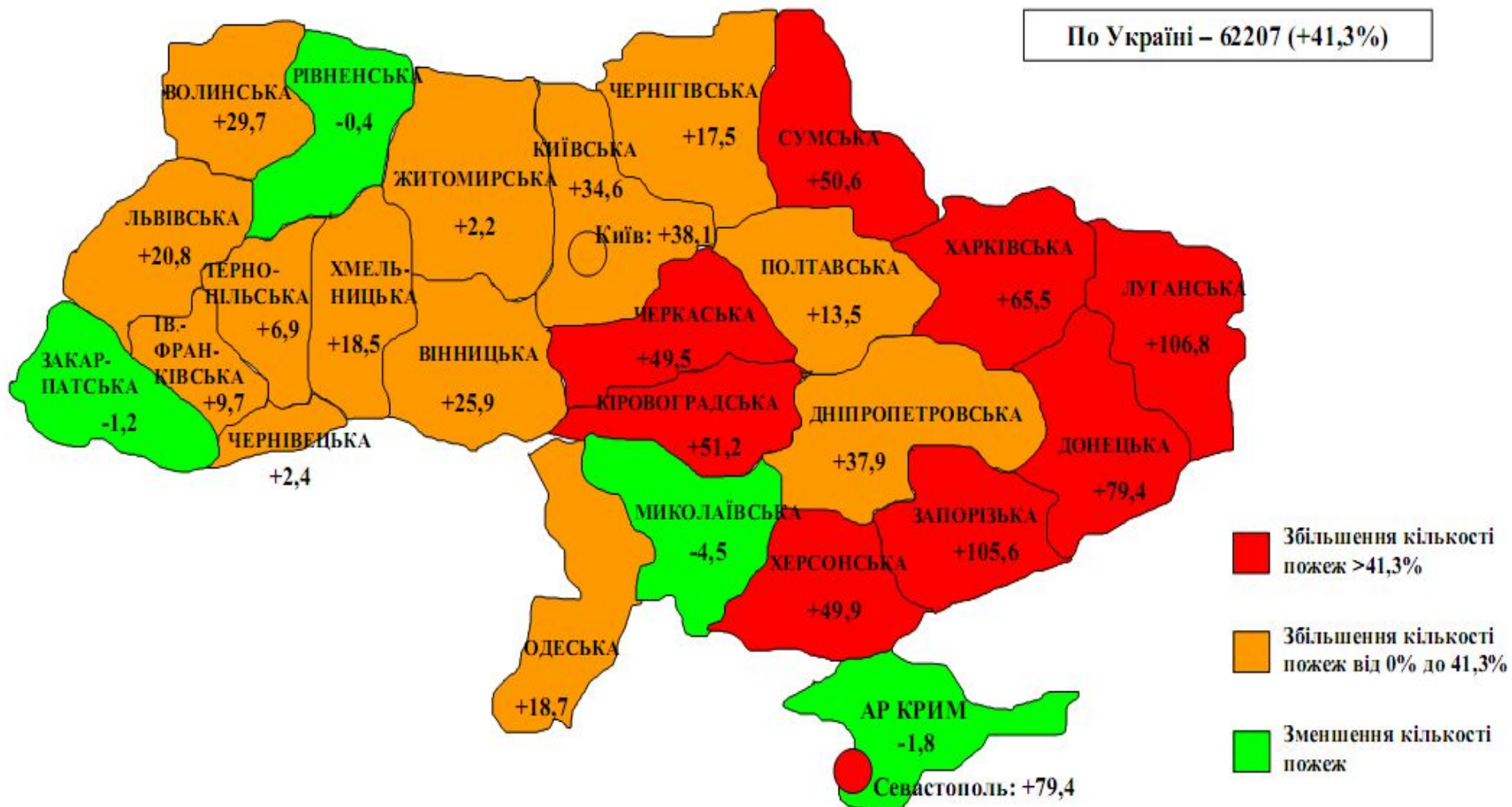




# Розподіл кількості пожеж і збитків від них по роках



# Динаміка кількості пожеж по регіонах України за 2011 рік у порівнянні з 2010 роком





# План лекції

1. Основні поняття пожежі.
2. Класифікація пожеж
3. Розвиток пожежі в огороженні
  - 3.1. Стадії розвитку пожежі
  - 3.2. Критичний час розвитку пожежі
4. Газообмін під час пожежі в огороженні



# 1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПОЖЕЖІ

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

*Загальні явища* пожежі є постійними й обов'язковими для кожної пожежі та взаємопов'язані між собою.

1. *Горіння* (виділення тепла та продуктів згоряння).
2. *Масообмін* (забезпечує надходження повітря в зону горіння і відвід продуктів горіння).
3. *Теплообмін* (тепло від зони горіння передається в навколишнє середовище, витрачається на нагрів речовин, будівельних конструкцій і обумовлює можливість самостійного поширення пожежі).

*Окремі явища* пожежі - явища, що носять випадковий характер і притаманні конкретній пожежі.



***Небезпечні фактори пожежі*** – первинні та другорядні явища, що призводять до травмування або загибелі людей, а також до знищення або пошкодження матеріальних цінностей.

***Первинні явища пожежі, які є небезпечними:***

- відкритий вогонь, іскри;
- підвищена температура середовища;
- токсичні продукти горіння і розкладання (дим);
- знижена концентрація кисню в повітрі;

***Другорядні явища пожежі, які є небезпечними:***

- падаючі частини будівельних конструкцій,
- ударна хвиля вибуху;
- радіоактивні або отруйні речовини, що надійшли в середовище з ушкодженого устаткування;
- електричний струм;
- вогнегасні речовини.



Пожежа розвивається в просторі, при цьому умовно виділяють *зони пожежі*: зону горіння (ЗГ), зону задимлення (ЗЗ) і зону теплового впливу (ЗТВ).

*Зона горіння* – частина простору, в якій протікають процеси термічної підготовки горючих речовин (розкладання, плавлення, випаровування) і сам процес горіння.

В ЗГ виділяється тепло пожежі і утворюються продукти горіння, які поширюються в просторі і утворюють ЗЗ та ЗТВ.

*Зона задимлення (ЗЗ)* – частина простору, що примикає до зони горіння, в якій концентрація продуктів горіння є небезпечною для життя та здоров'я людей. У цій зоні неможливо перебування людей без захисту органів дихання й ускладнені бойові дії через недостатню видимість.



- **Зона теплового впливу (ЗТВ)** – частина простору, що прилягає до зони горіння і в межах якої протікають процеси теплообміну між поверхнею зони горіння і навколишніми конструкціями і речовинами.

Зовнішня межа ЗТВ проходить там, де тепловий вплив викликає помітні зміни в стані матеріалів і конструкцій, або створюються умови, які перешкоджають роботі особового складу по гасінню пожежі.



## 2. КЛАСИФІКАЦІЯ ПОЖЕЖ

### *І. За умовами газообміну*

**1. Пожежі на відкритому просторі – пожежі, у яких газообмін не обмежений будівельними конструкціями.**

- **окремі** - пожежі, що виникають в окремій споруді або будівлі;
- **суцільні** - одночасне інтенсивне горіння більшості споруд на даній ділянці;
- **масові** - сукупність окремих та суцільних пожеж;
- **вогневий шторм** - утворення потужного турбулентного факелу з велетенською конвекційною колонкою нагрітих продуктів



## **2. Пожежі в огороженні – пожежі, у яких газообмін обмежений будівельними конструкціями**

- пожежі, що регулюються вентиляцією, (ПРВ)** - протікають за умови обмеженого надходження повітря і надлишку горючих речовин;
- пожежі, що регулюються пожежною навантагою, (ПРН)** - пожежі, які протікають при незначній кількості горючих речовин (мала пожежна навантага) і надлишку повітря в приміщенні.



## ***II. За зміною площі горіння***

***Пожежі, що поширюються,*** – пожежі, у яких площа пожежі з часом збільшується, проходять з постійною зміною розмірів або розташування зони горіння.

***Пожежі, що не поширюються,*** – пожежі, у яких площа зони горіння не змінюється з часом (обмежена площею розташування горючої речовини).



### ***III. За видом горючої речовини***

Залежно від властивостей речовин, особливостей їх горіння та гасіння пожежі поділяють на класи та підкласи:

**А** - пожежі ТГМ:

**А1** - ТГМ, що тліють;    **А2** - ТГМ, що не тліють;

**В** - пожежі рідин:

**В1** - рідини, що не розчинні у воді, та ТГМ, що при нагріванні плавляться та розтікаються;

**В2** - горючі рідини, що розчинні у воді;

**С** - пожежі газів;

**Д** - пожежі металів та металоорганічних сполук:

**Д1** - легкі метали;    **Д2** - лужні метали;

**Д3** - металоорганічні сполуки;

**Е** - пожежі електроустаткування під напругою.



# 3. РОЗВИТОК ПОЖЕЖІ В ОГОРОДЖЕННІ

## 3.1. Стадії розвитку пожежі

Розвиток пожежі в часі умовно поділяють на три стадії: початкову, основну, кінцеву.

На *початковій стадії* відбувається розвиток пожежі від дії джерела запалювання до моменту, коли все помешкання буде охоплено полум'ям.

На початковій стадії можна виділити три фази.

*Перша фаза* – перехід загоряння в пожежу.

*Друга фаза* – об'ємний розвиток пожежі (поширення горіння відбувається по об'єму газоподібних продуктів розкладання горючих матеріалів).

*Третя фаза* - всі параметри пожежі найбільш



В *основній стадії* всі параметри пожежі стабілізуються, відбувається вигорання 80-90% горючих речовин.

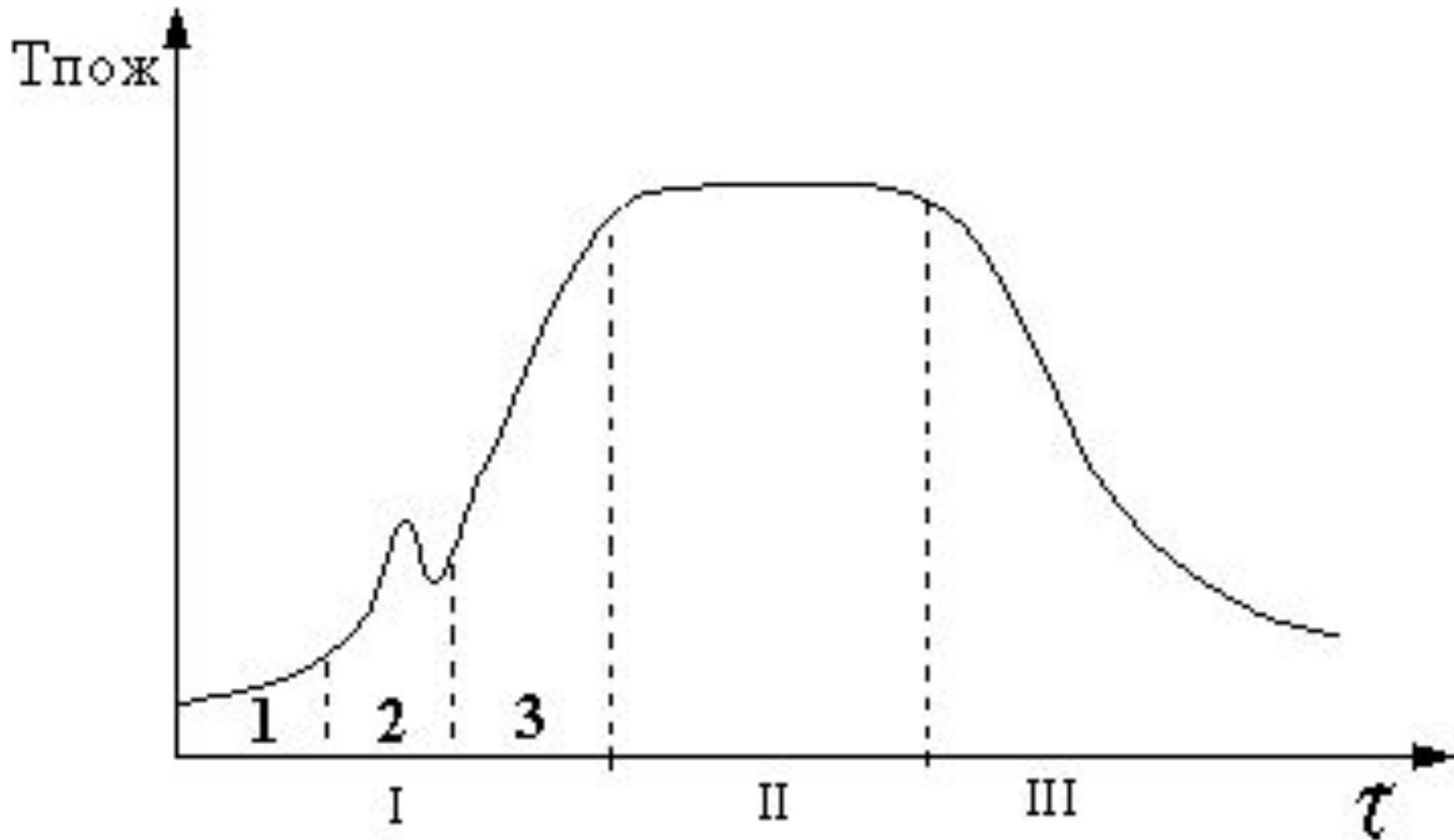
На *кінцевій стадії* розвитку відбувається догорання матеріалів, поступове зниженням температури та задимлення. Процес горіння завершується.

**Температурний режим пожежі** - зміна температури пожежі з часом.

**Температура пожежі в огороженні** - середньо-об'ємна температура газового середовища в приміщенні, в якому відбувається пожежа.



# Зміна середньоб'ємної температури середовища в приміщенні під час пожежі





Температура пожежі в огороженні залежить від:

- об'єму приміщення ( $V_{\text{прим}} \uparrow T_{\text{пож}} \downarrow$ );
- пожежної навантаги ( $P_{\text{пож}} \uparrow T_{\text{пож}} \uparrow$ );
- виду горючої речовини ( $(Q'_n, v_m, v_l) \uparrow T_{\text{пож}} \uparrow$ );
- тепловтрат на нагрівання конструкцій ( $Q_{\text{конст}} \uparrow T_{\text{пож}} \downarrow$ );
- площі пожежі ( $S_{\text{пож}} \uparrow T_{\text{пож}} \uparrow$ );
- інтенсивності газообміну;
- температури повітря ( $T_o \downarrow T_{\text{пож}} \downarrow$ );
- часу розвитку горіння.



## 3. 2. Критичний час розвитку пожежі в огороженні

При пожежі в огороженні тепло і дим накопичуються в приміщенні, а тому зона теплового впливу і зона задимлення з часом поширюються. Отже з розвитком пожежі настане момент часу, коли все приміщення буде охоплено цими зонами і перебування в них людей буде неможливе.

**Критичний час розвитку пожежі** – час від виникнення горіння до настання теплового удару (*критичний час по температурі*) або зниження концентрації кисню нижче гранично допустимих значень (*критичний час по*



## *Критичний час розвитку пожежі в огороженні за температурою*

Якщо площа пожежі з часом не змінюється (клас В), то за час розвитку пожежі виділиться тепло, яке частково піде на розігрів будівельних конструкцій, а частково - на розігрів газового середовища в приміщенні:

$$\begin{aligned} Q_{\text{газ}} &= (1 - k) Q_{\text{пож}} \tau_{\text{пож}}; \\ Q_{\text{пож}} &= S_{\text{пож}} \eta Q_{\text{н}}' / v_{\text{м}} \quad Q_{\text{газ}} = V_{\text{прим}} c_p (t_{\text{кр}} - t_0) \\ \tau_{\text{кр}}^t &= \frac{V_{\text{прим}} c_p (t_{\text{кр}} - t_0)}{(1 - k) \eta Q_{\text{н}}' S_{\text{пож}} v_{\text{м}}} \end{aligned}$$

Якщо  $k=0,21$ ,  $c_p=1,29$  кДж/(м<sup>3</sup>·К),  $t_{\text{кр}}=70^\circ\text{C}$ ,  $t_0=20^\circ\text{C}$ , то:

$$\tau_{\text{кр}}^t = 81,9 \frac{V_{\text{прим}}}{\eta Q_{\text{н}}' S_{\text{пож}} v_{\text{м}}}$$



При горінні ТГМ (клас А), площа пожежі з часом зростає. Якщо осередок пожежі знаходиться в центрі приміщення,

то ЗГ – кругова,  $S_{\text{пож}} = \pi R^2 = \pi (v_l \tau_{\text{пож}})^2$

$$Q_{\text{пож}} \tau_{\text{пож}} = S_{\text{пож}} \eta Q'_H v_m \tau_{\text{пож}} = \pi v_l^2 \tau_{\text{пож}}^3 \eta Q'_H v_m$$

$$(1-k) \pi v_l^2 \tau_{\text{пож}}^3 \eta Q'_H v_m = V_{\text{прим}} c_p (t_{\text{пож}} - t_o)$$

$$\tau_{\text{кр}}^t = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{прим}} c_p (t_{\text{кр}} - t_o)}{\pi (1-k) \eta Q'_H v_m v_l^2}} = 2,973 \sqrt[3]{\frac{V_{\text{прим}}}{\eta Q'_H v_m v_l^2}}$$

осередок пожежі біля стінки (ЗГ – півколо,  $S_{\text{пож}} = \pi R^2/2$ )

$$\tau_{\text{кр}}^t = 3,73 \sqrt[3]{\frac{V_{\text{прим}}}{\eta Q'_H v_m v_l^2}}$$

осередок пожежі в куті приміщення (ЗГ – чверть кола,  $S_{\text{пож}} = \pi R^2/4$ )

$$\tau_{\text{кр}}^t = 4,73 \sqrt[3]{\frac{V_{\text{прим}}}{\eta Q'_H v_m v_l^2}}$$



## *Критичний час розвитку пожежі в огороженні за киснем*

Зниження концентрації кисню нижче 14% в  
призводить до летальних наслідків для людей.  
Отже, нормальна життєдіяльність людини  
припиниться при вигорянні  $21-14=7\%$  кисню, що  
відповідає  $7 \cdot 4,76 = 33,3\%$  повітря.

Баланс кисню для приміщення, в якому горюча  
речовина горить на сталій площі (**пожежа класу  
В**), запишеться у вигляді:

$$0,33 V_{\text{прим}} = v_{\text{пов}}^0 v_m S_{\text{пож}} \eta \tau_{\text{кр}}$$

Час до настання критичного стану:

$$\tau_{\text{кр}}^{0_2} = \frac{0,33 V_{\text{прим}}}{\eta S_{\text{пож}} v_m v_{\text{пов}}^0}$$



Для приміщень, в яких горять ТГМ, враховуючи збільшення площі пожежі з часом, можна записати:

- осередок пожежі в центрі приміщення (форма 3Г–  
кругова)

$$\tau_{кр}^{02} = 0,472 \sqrt[3]{\frac{V_{прим}}{\eta v_l^2 v_t v_{пов}^o}}$$

- осередок пожежі біля стінки (форма 3Г – півколо)

$$\tau_{кр}^{02} = 0,595 \sqrt[3]{\frac{V_{прим}}{\eta v_l^2 v_t v_{пов}^o}}$$

- осередок пожежі в куті приміщення (форма 3Г –  
чверть кола)

$$\tau_{кр}^{02} = 0,749 \sqrt[3]{\frac{V_{прим}}{\eta v_l^2 v_t v_{пов}^o}}$$



## 4. ГАЗООБМІН ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ В ОГОРОДЖЕННІ

*Газообмін* – це рух конвекційних газових пото-ків, що виникає під дією сил, обумовлених градієнтом тиску, який створюється внаслідок:

- різниці температур газових потоків (нагрітих газів всередині приміщення і холодного повітря назовні);
- штучного регулювання повітрообміну в помешканні;
- вітрових навантажень;
- наявності самої пожежі.

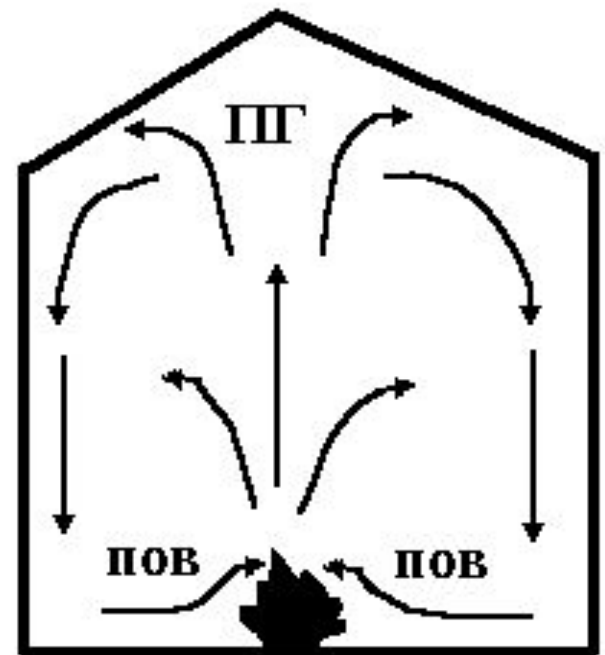
Перші три фактори не залежать від наявності пожежі і існують у будь-якому приміщенні.



При виникненні горіння в приміщенні над осередком горіння виникають конвекційні потоки нагрітих ПГ і повітря, які рухаються вгору і створюють *під стелею надлишковий тиск*.

Холодне повітря підсмоктується димогазовою колонкою і вступає в реакцію горіння, при цьому *в нижній частині приміщення розрядження*.

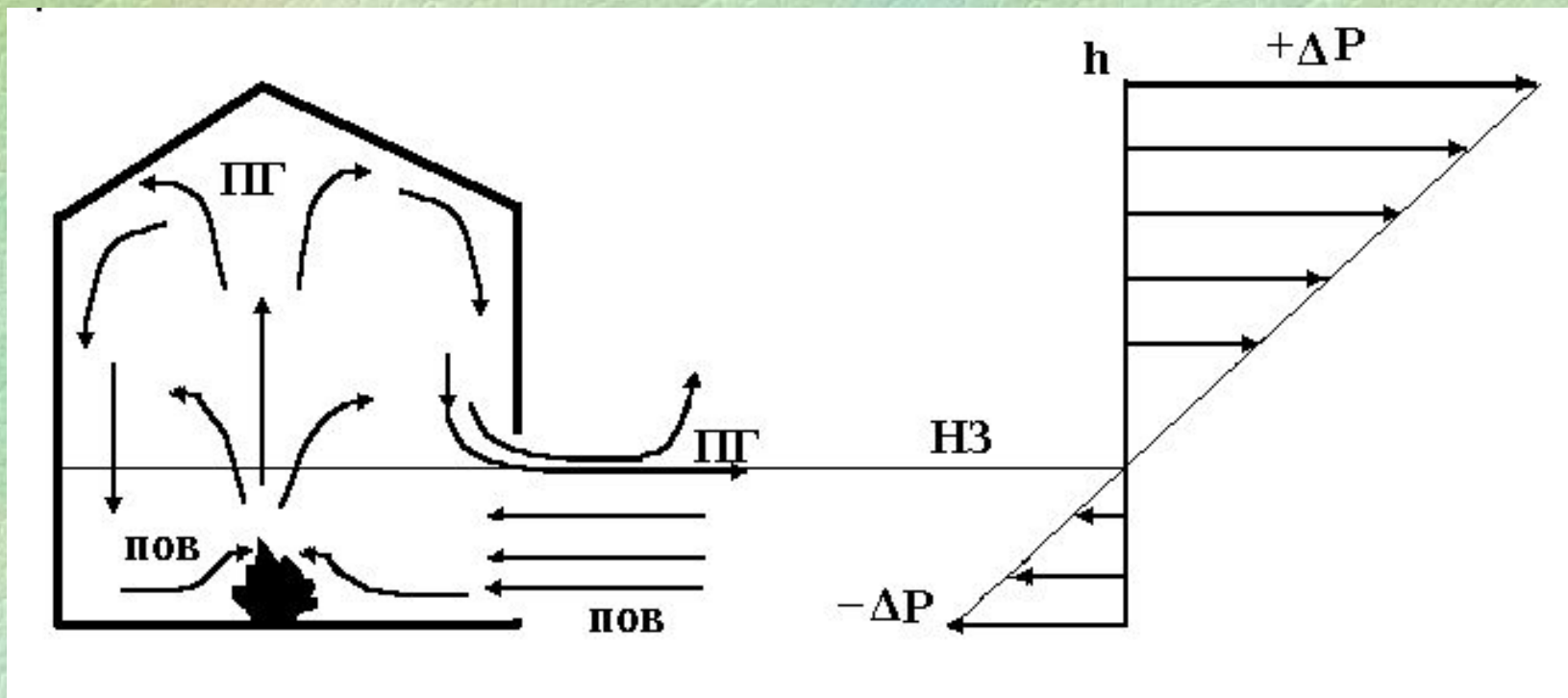
Циркуляція газових потоків призводить до поступового заповнення всього приміщення продуктами горіння.





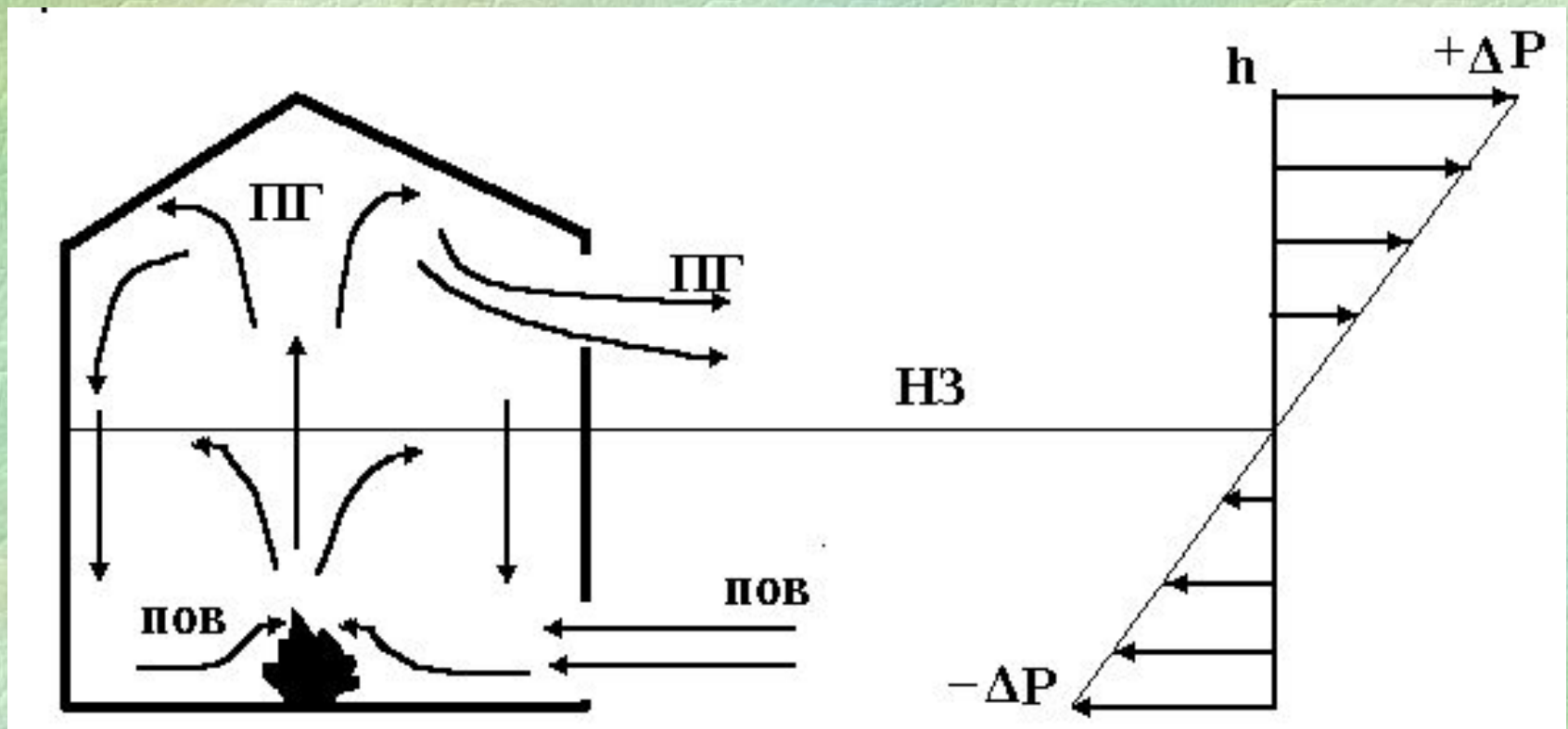
Характер руху повітряних потоків залежить від наявності отворів і їх взаємного розташування.

При газообміні *через один отвір* (відкриті двері, вікно або декілька отворів, які знаходяться на одному рівні) процес підсосу повітря і викиду диму здійснюється в тому самому отворі. На приплив працює тільки нижня частина отвору.





Якщо газообмін здійснюється через *отвори*, які *розташовані на різному рівні*, їх можна умовно розділити на припливні (нижні), через які надходить свіже повітря в приміщення, і вихідні (верхні), через які розігріті продукти згоряння виходять в атмосферу.





На певній висоті від рівня підлоги фізичні параметри газового середовища в приміщенні (густина) відповідають фізичним параметрам повітря поза приміщенням. Відповідно і тиск газового середовища буде таким же, як і тиск повітря поза приміщенням. Цю площину прийнято назвати *нейтральною зоною* або *площиною рівних тисків*.

**Нейтральна зона** - уявна площина в приміщенні, рівнобіжна підлозі, у точках якої тиск продуктів горіння дорівнює тиску зовнішнього повітря.

*Положення нейтральної зони буде тим вище, чим менший тиск продуктів горіння і більший тиск свіжого повітря, що надходить в приміщення.*



Якщо газообмін здійснюється через *отвори*,  
*розташовані на різному рівні:*

$$h_{ic} = \frac{H}{\left( \frac{S_{i\delta e i}}{S_{a e o}} \right)^2 \frac{\dot{Q}_{i\pi e}}{\dot{Q}_{i\pi a}} + 1} + 0,5h_{i\delta e i}$$

- Якщо газообмін здійснюється через *отвори*,  
*розташовані на одному рівні:*

$$h_{ic} = \frac{h_{i\delta a i \delta}}{1 + 3 \sqrt{\frac{\dot{Q}_{i\pi e}}{\dot{Q}_{i\pi a}}}}$$



## *Основні способи регулювання висоти нейтральної зони під час в огорожденні:*

1. Зниження тиску у верхній частині приміщення, що горить, шляхом відкачки нагрітих продуктів згоряння пересувними димососами і використання систем примусового видалення диму і вентиляції помешкань.
2. Розкриття витяжних отворів (димових люків) у верхній частини приміщення, де створюється максимальна температура і тиск продуктів горіння для випуску диму і зниження температури.
3. Зниження температури й осадження продуктів горіння розпиленими водяними струменями.



4. Підвищення тиску повітря шляхом нагнітання чистого повітря в нижню частину приміщення пересувними пожежними димососами.
5. Регулювання співвідношення площ приплив-них і витяжних отворів. *Нейтральна зона завжди розташовується ближче до тих отворів, площа яких більше.*
6. Зміна напрямку прямуювання конвекційних димогазових потоків шляхом устрою перемичок, протипожежних завіс і інших перепон для поширення диму.



# **Завдання на самопідготовку:**

## **1. Вивчити літературу**

- **І.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров.**  
**Физико-химические основы развития и тушения**  
**пожара. стор. 26-80.**
- **Я.С. Повзик, П.П. Ключ, А.М. Матвейкин.**  
**Пожежна тактика. стор. 12 -16, 301 -330.**
- **В.П. Иванников, П.П. Ключ.** **Довідник керівника**  
**гасіння пожежі. стор. 37-44.**

## **2. Підготуватися до практичного заняття.**