

РОЗДІЛ 4. ФІЗИКО- ХІМІЧНІ ОСНОВИ РОЗВИТКУ ПОЖЕЖ

Тема 13. ТЕПЛОМАСООБМІН ПОЖЕЖІ В ОГОРОДЖЕННІ

Лекція

**ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ
ПОЖЕЖІ В ОГОРОДЖЕННІ**

**Наслідки пожежі у будівельному супермаркеті
«Нова лінія» 26.02.2011 м. Запоріжжя. Матеріальні
збитки тільки по зруйнованій будівлі перевищили
100 млн. грн.**





**Наслідки пожежі у корпусі № 48 підприємства ТОВ «Веста-Індастріал»
31.10.2010 м. Дніпропетровськ.**



План лекції.

1. Динаміка розвитку пожежі в огороженні.
2. Газообмін під час пожежі в огороженні
3. Критичний час розвитку пожежі в огороженні.

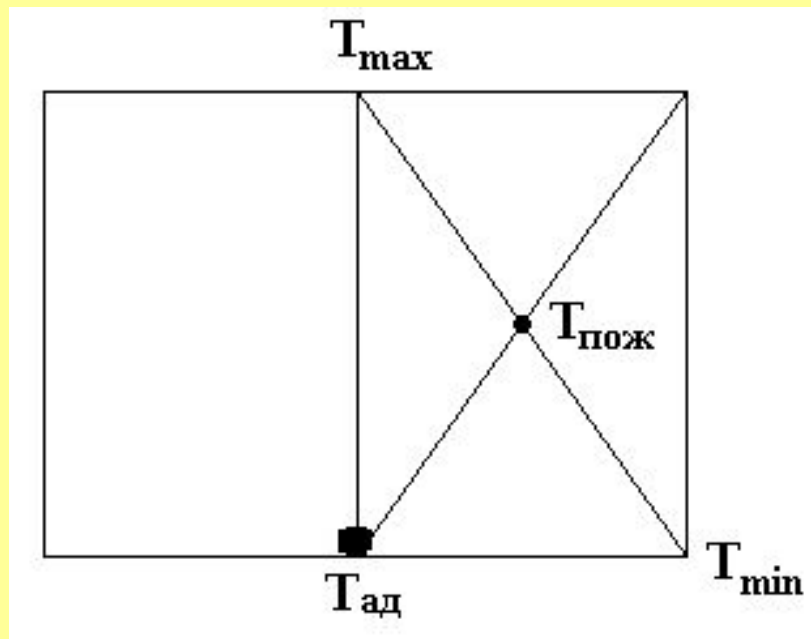
1. РОЗВИТОК ПОЖЕЖІ В ОГОРОДЖЕННІ

Температурний режим пожежі в огороженні - зміна температури пожежі з часом, що розраховують за моделями:

- диференційна модель (енергетичний і матеріальний баланс пожежі - у вигляді диференційних рівнянь);
- зонна модель (об'єм приміщення розділяють на 4 зони – 1) горіння, 2) димогазової колонки, 3) прошарок продуктів горіння під стелею, 4) холодне повітря);
- інтегральна модель.

За інтегральною моделлю припускається, що все тепло пожежі рівномірно розподілено по об'єму приміщення і витрачається на нагрів газового середовища, горючих речовин та будівельних конструкцій; осередок пожежі – в центрі підлоги.

Температура пожежі в огороженні - середньооб'ємна температура газового середовища в приміщенні при пожежі.



Рівнянні теплового балансу пожежі в огороженні:

$$Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пг(вид)}} + Q_{\text{пг(прим)}} + Q_{\text{БК}} + Q_{\text{підг}} + Q_{\text{пром}}$$

$Q_{\text{пож}}$ – тепловиділення пожежі,

$Q_{\text{пг(вид)}}$ - нагрів продуктів горіння, які видаляються із приміщення,

$Q_{\text{БК}}$ - нагрівання будівельних конструкцій,

$Q_{\text{підг.}}$ - тепловтрати на фізико-хімічні процеси в матеріалах,

$Q_{\text{пром.}}$ - тепло, що випромінюється за межі приміщення;

$Q_{\text{пг(прим)}}$ - нагрів продуктів горіння, які залишаються в приміщенні, що визначає температуру пожежі:

$$Q_{\text{пг(прим)}} = c_p [v_m S_{\text{пож}} (v_{\text{пг}}^0 + (\alpha - 1)v_{\text{пов}}^0)] (T_{\text{пож}} - T_0)$$

Позначимо суму тепловтрат як частку від загальної теплоти пожежі - $m Q_{\text{пож}}$,

тоді рівняння теплового балансу:

$$Q_{\text{пож}} = m Q_{\text{пож}} + Q_{\text{пг(прим)}} \\ (1 - m) Q_{\text{пож}} = Q_{\text{пг(прим)}}$$

Теплота пожежі:

$$Q_{\text{пож}} = \eta Q'_{\text{н}} v_{\text{м}} S_{\text{пож}}$$

Тоді:

$$(1 - m) \eta Q'_{\text{н}} v_{\text{м}} S_{\text{пож}} = c_{\text{р}} [v_{\text{м}} S_{\text{пож}} (v_{\text{пг}}^0 + (\alpha - 1) v_{\text{пов}}^0)] (T_{\text{пож}} - T_0)$$

Звідки середньооб'ємна температура:

$$T_{\text{пож}} = \frac{Q'_{\text{н}} (1 - m) \eta}{c_{\text{р}} [v_{\text{пг}}^0 + v_{\text{пов}}^0 (\alpha - 1)]} + T_0$$

Прогноз температури пожежі можливий за допомогою критеріальних рівнянь теплового балансу.

$$T_{\text{пож } \tau} = \Theta T_{\text{ад}}$$

Θ - коефіцієнт тепловтрат: $\Theta = 0,66 \text{ } V_0^{0,17}$

Прогноз температури пожежі можливий за допомогою критеріальних рівнянь теплового балансу.

$$T_{\text{пож } \tau} = \Theta T_{\text{ад}}$$

Θ - коефіцієнт тепловтрат: $\Theta = 0,66 \text{ Bo}^{0,17}$

Критерій подібності Больцмана:

$$\text{Bo} = \frac{\eta S_{\text{пож}} V_m c_p V_{\text{пг}}}{60 \sigma_0 \varepsilon_{\text{пр}} S_{\text{огор}} T_{\text{ад}}^3}$$

Розвиток пожежі поділяють на стадії: початкову, основну і кінцеву.

На початковій стадії є три фази.

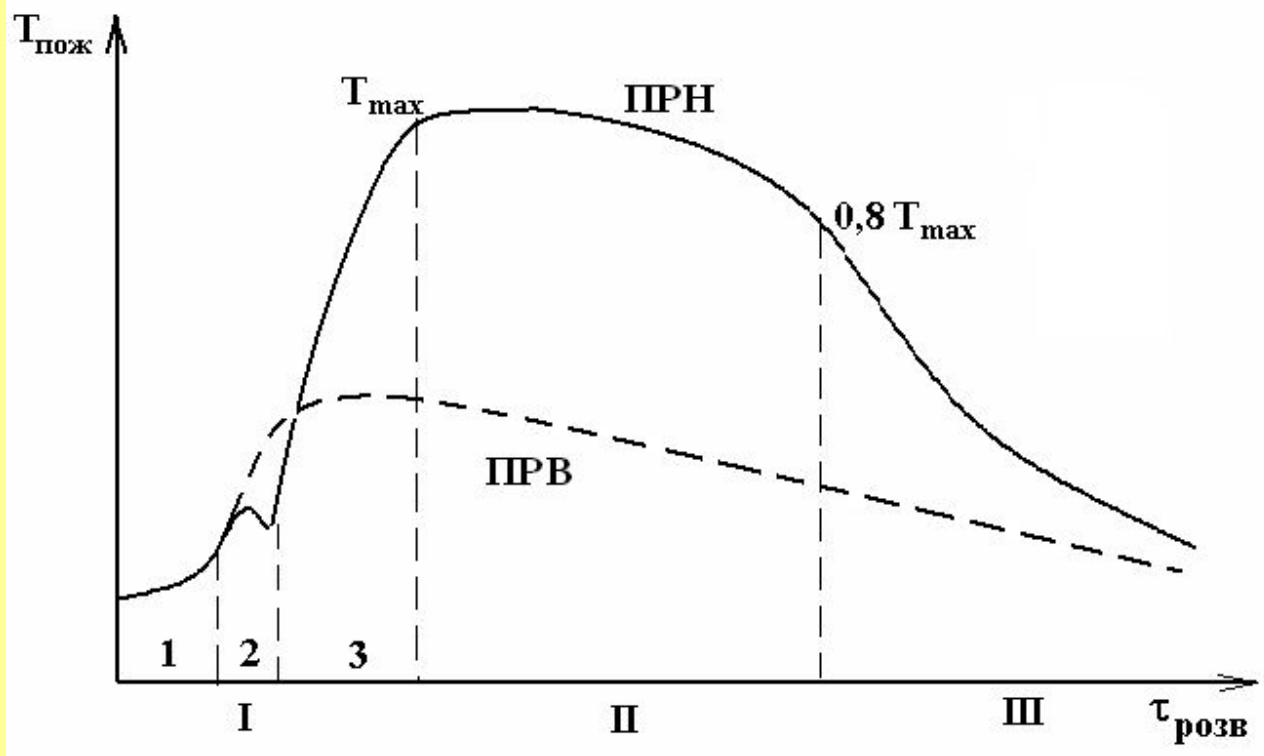
Перша фаза – перехід загоряння в пожежу.

Друга фаза – об'ємний розвиток пожежі, займаються матеріали, яких не торкається полум'я.

Третя фаза - всі параметри пожежі інтенсифікуються та досягають максимуму.

Основна стадія – розвинена пожежа, всі параметри пожежі стабілізуються, проходить вигорання основної пожежної навантаги.

Кінцева стадія - догоряння, поступове зниженням температури та задимлення.



На підставі натурних випробувань визначено стандартний температурний режим пожежі: після 10 хвилин пожежі.

$$t = 345 \lg (8\tau + 1), \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $\tau = \tau_{\text{в.р.}} - 10$, хв

$\tau_{\text{в.р.}}$ - час вільного розвитку 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.

2. ГАЗООБМІН ПІД ЧАС ПОЖЕЖІ В ОГОРОДЖЕННІ

Газообмін – це рух конвекційних газових потоків під дією градієнту тиску, який створюється внаслідок:

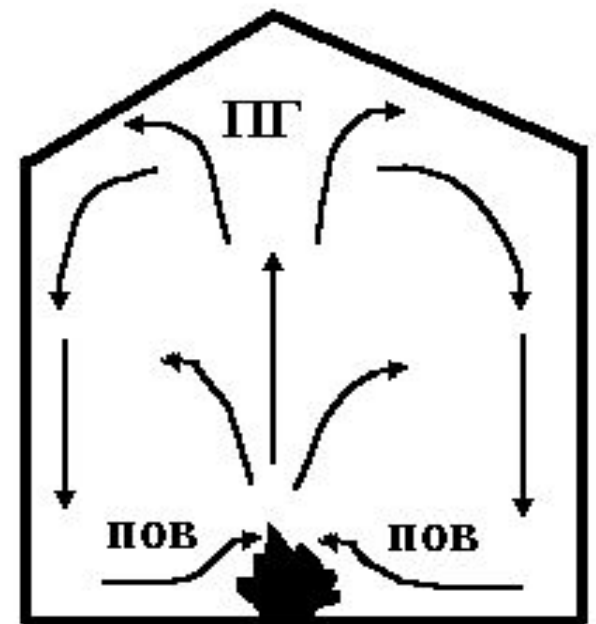
- різниці температур всередині приміщення і назовні;
- штучного регулювання повітрообміну в помешканні;
- різниці тисків за висотою будівлі;
- вітрових навантажень;
- наявності самої пожежі.

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

Над осередком горіння існують конвекційні потоки нагрітих ПГ, які рухаються вгору і створюють *під стелею надлишковий тиск*.

При такому русі в нижній частині приміщення *створюється розрідження*. Тому холодне повітря підсмоктується димогазовою колонкою, де вступає в реакцію горіння.

Циркуляція газів призводить до заповнення всього приміщення продуктами горіння.



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

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

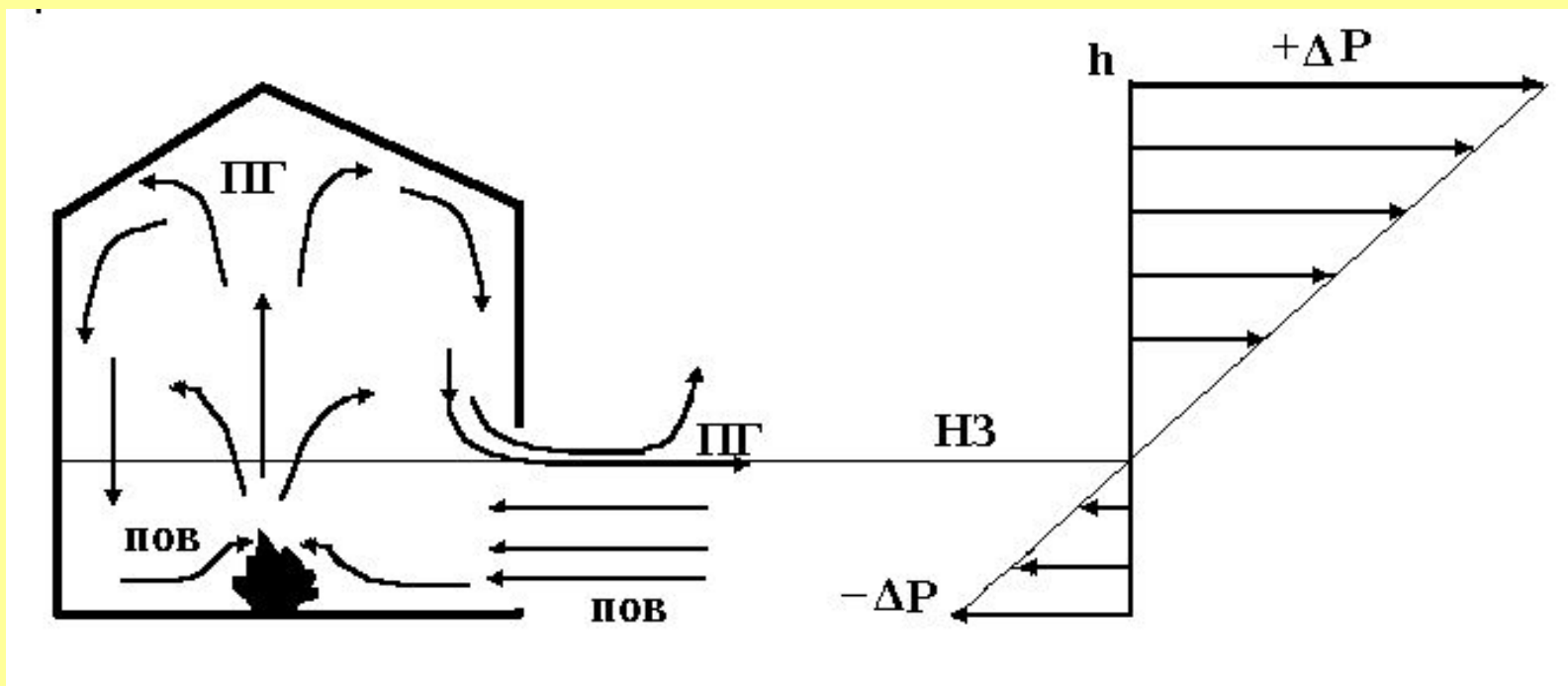
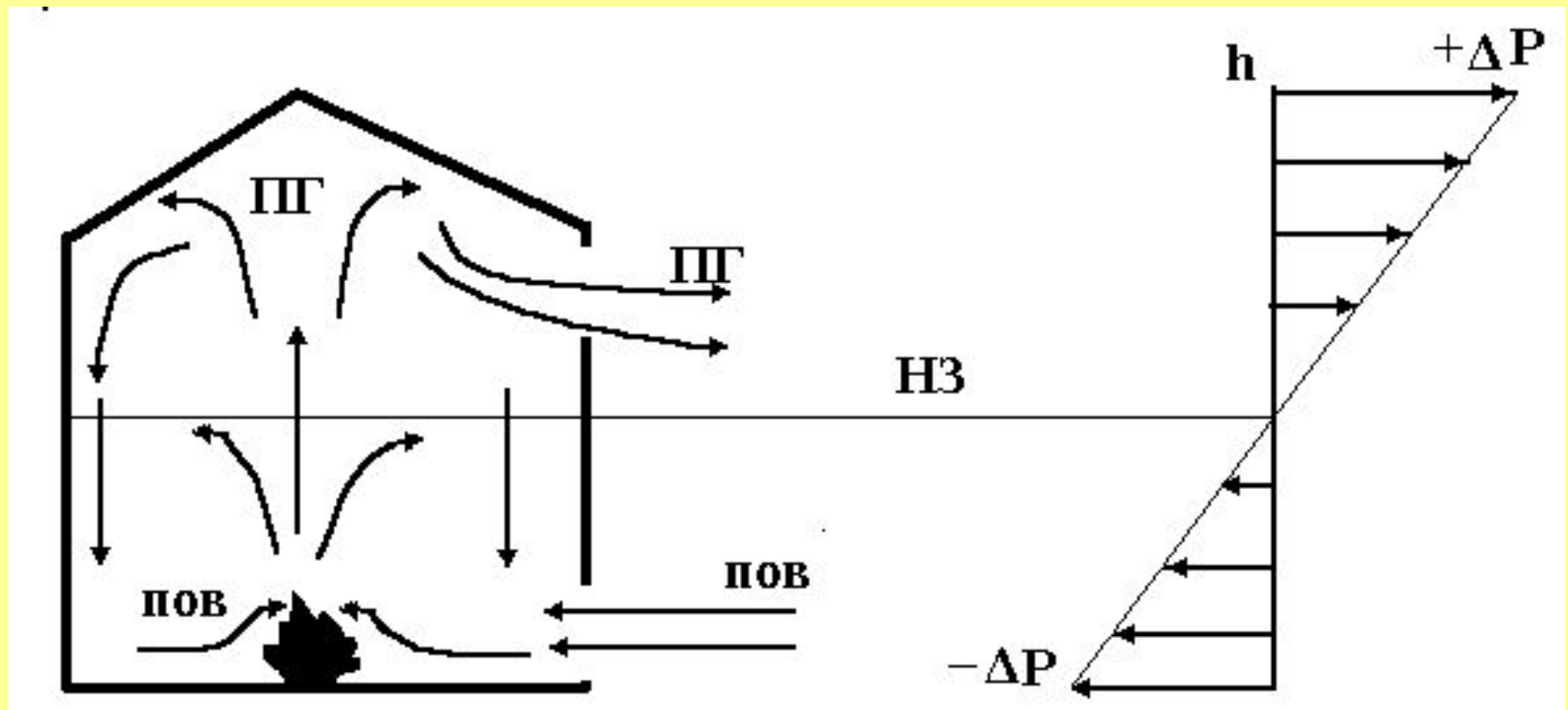


Схема газообміну через два отвори реалізується якщо є *отвори, які розташовані на різному рівні*. Їх можна поділити на припливні (нижні), де в приміщення надходить холодне повітря, і вихідні (верхні), через які розігріті продукти згоряння виходять назовні.



На певній висоті від рівня підлоги 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:

$$h_{\text{нз}} = \frac{H}{\left(\frac{S_{\text{прип}}}{S_{\text{вит}}}\right)^2 \frac{T_{\text{пож}}}{T_{\text{пов}}} + 1} + 0,5h_{\text{прип}}$$

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

$$h_{\text{нз}} = \frac{h_{\text{отвор}}}{1 + \sqrt[3]{\frac{T_{\text{пож}}}{T_{\text{пов}}}}}$$

Основні способи регулювання висоти нейтральної зони під час пожежі в огороженні:

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

4. Підвищення тиску повітря шляхом подачі повітря в нижню частину приміщень димососами.

5. Регулювання співвідношення площ припливних і витяжних отворів. *Рівень нейтральної зони завжди ближче до тих отворів, площа яких більша.*

6. Зміна напрямку прямування конвекційних димогазових потоків шляхом устрою перемичок, протипожежних завіс та перепон проти поширення диму.

3. Критичний час розвитку пожежі в огороженні

При пожежі в огороженні тепло і дим накопичуються в приміщенні, тому зони теплового впливу і задимлення з часом збільшуються. Тому настане момент, коли все приміщення буде охоплено цими зонами і перебування людей в приміщеннях стане неможливе.

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

Критичний час розвитку пожежі за температурою

Якщо площа пожежі з часом не змінюється (**клас В**), то буде стаціонарне виділення тепла, яке піде на розігрів будівельних конструкцій та газів в приміщенні:

$$Q_{\text{газ}} = (1 - k) Q_{\text{пож}} \tau_{\text{пож}};$$

Врахуємо, що $Q_{\text{пож}} = S_{\text{пож}} \eta Q_{\text{н}} / v_{\text{м}}$, а запас тепла об'ємом приміщення: $Q_{\text{газ}} = V_{\text{прим}} c_{\text{р}} (t_{\text{крит}} - t_0)$

$$\tau_{\text{кр}}^t = \frac{V_{\text{прим}} c_{\text{р}} (t_{\text{кр}} - t_0)}{(1 - k) \eta Q'_{\text{н}} S_{\text{пож}} v_{\text{м}}}$$

Якщо $k=0,21$, $c_{\text{р}}=1,29$ кДж/(м³·К), $t_{\text{кр}}=70^{\circ}\text{C}$, $t_0=20^{\circ}\text{C}$, то:

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

Якщо площа пожежі з часом зростає (пожежі класу А), враховують закон збільшення площі пожежі на початковій стадії.

Якщо осередок пожежі в центрі приміщення, то ЗГ – **кругова**, тобто: $S_{\text{пож}} = \pi R^2 = \pi (v_l \tau_{\text{пож}})^2$.

За час пожежі: $Q_{\text{пож}} \tau_{\text{пож}} = S_{\text{пож}} \eta Q'_H / v_m \tau_{\text{пож}}$

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

$$\tau_{\text{кр}}^t = \sqrt[3]{\frac{V_{\text{прим}} c_p (t_{\text{кр}} - t_o)}{\pi(1-k)\eta \eta' v_m v_l^2}} = 2,97 \sqrt[3]{\frac{V_{\text{прим}}}{\eta Q'_H v_m v_l^2}}$$

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

$$\tau_{\text{кр}}^t = 4,7 \sqrt[3]{\frac{V_{\text{прим}}}{\eta Q'_H v_m v_l^2}}$$

Критичний час розвитку пожежі за киснем

Зниження концентрації кисню нижче 14% небезпечно для людей, тобто коли вигоряє $21-14=7\%$ кисню, що відповідає $7 \cdot 4,76 = 33,3\%$ повітря.

Тоді баланс кисню для пожежі на сталій площі (пожежа класу В):

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

Звідки:

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

Для пожеж класу А, враховуючи збільшення площі пожежі з часом:

- осередок пожежі - в центрі (форма ЗГ–кругова)

$$\tau_{кр}^{0_2} = 0,472 \sqrt[3]{\frac{V_{прим}}{\eta v_{\boxtimes}^2 v_m v_{пов}^0}}$$

- осередок пожежі біля стінки (форма ЗГ – півколо)

$$\tau_{кр}^{0_2} = 0,595 \sqrt[3]{\frac{V_{прим}}{\eta v_l^2 v_m v_{пов}^0}}$$

- осередок пожежі в куті (форма ЗГ – чверть кола)

$$\tau_{кр}^{0_2} = 0,749 \sqrt[3]{\frac{V_{прим}}{\eta v_l^2 v_m v_{пов}^0}}$$

Завдання на самопідготовку:

1. Вивчити літературу
 - І.М. Абдурагимов, В.Ю. Говоров, В.Е. Макаров. Фізико-хімічні основи розвитку і тушення пожежі. стор. 26-80.
 - Я.С. Повзик, П.П. Ключ, А.М. Матвейкин. Пожежна тактика. стор. 12 -16, 301 -330.
 - В.П. Іванников, П.П. Ключ. Довідник керівника гасіння пожежі. стор. 37-44.
2. Підготуватися до практичного заняття.