

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В.Н.КАРАЗІНА

ФІЗИКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра безпеки життєдіяльності

**ЗАТВЕРДЖУЮ
ЗАВІДУЮЧИЙ КАФЕДРИ**

“ _____ ” _____ 20__ р.

_____ ст. викладач Квітковський Ю.В.
(науковий ступінь, наукове звання, прізвище та ініціали автора)

Методична розробка для проведення практичного заняття
**ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ БЕЗПЕЧНОЇ ЕВАКУАЦІЇ ЛЮДЕЙ З
БУДІВЕЛЬ. ВИДАЧА ЗАВДАННЯ НА РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНУ
РОБОТУ**
(повне найменування теми заняття)

З навчальної дисципліни Цивільний захист

Обговорено на засіданні кафедри

“ _____ ” _____ 20__ р.

Протокол № _____

Цілі заняття:

1. *Навчальна* – ознайомлення студентів з поняттям про шляхи евакуації, з елементами евакуаційних шляхів та правилами їх улаштування, видати індивідуальні завдання на виконання розрахунково-графічної роботи.
2. *Розвиваюча* – роз'яснення студентам методики розрахунку необхідного часу евакуації людей з приміщення під час пожежі, порядку користування відповідними нормативними документами щодо улаштування шляхів евакуації
3. *Виховна* – становлення державного підходу до навчання, формування високих моральних якостей студентів.

Навчальні питання:

ВСТУП

ОСНОВНА ЧАСТИНА

1. Шляхи евакуації та їх улаштування, нормативні вимоги до шляхів евакуації
2. Методика розрахунку необхідного часу евакуації при пожежі
3. Хід виконання розрахунково-графічної роботи, видача завдання

ЗАКЛЮЧЕННЯ

ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО РОЗРАХУНКОВО-ГРАФІЧНОЇ РОБОТИ

Розрахунково-графічна робота виконується на стандартних аркушах формату А-4 і повинна містити в собі:

1. Титульний лист.
2. Бланк завдання на розрахунково-графічну роботу
3. Зміст роботи.
4. Розрахункову частину роботи.
 - визначення необхідного часу евакуації за підвищенням температури;
 - визначення необхідного часу евакуації за насиченням повітря продуктами горіння;
 - визначення необхідного часу евакуації за втратою видимості внаслідок задимлення;
 - визначення необхідного часу евакуації за зниженням вмісту кисню
5. Графічну частину роботи
6. Нормативно-теоретичну частину.
7. Список використаної літератури.

Робота може бути написана від руки синьою пастою або надрукована на принтері. В останньому випадку до оформлення роботи висуваються наступні загальні вимоги: шрифт Times New Roman, кегль 14, одинарний інтервал між строками, відступ для абзацу – 1,25 см, поля: верхнє, нижнє та праве – 1,5 см, ліве – 2,5 см.

Кожна частина роботи та список літератури починаються з нової сторінки. Всі сторінки роботи, крім титульного листа, бланку завдання та змісту, повинні бути пронумеровані. Номер сторінки ставиться зверху, посередині сторінки.

Титульний лист обов'язково роздруковується на принтері. Прізвище ім'я та по-батькові студента, номер групи та назва факультету вписуються на титульному листі від руки синьою пастою.

Аркуші, на яких виконана робота, обов'язково повинні бути скріпленими між собою за допомогою степлеру, папки-швидкозшивача або тим чи іншим типографським способом (наприклад, за допомогою пластикової «пружинки»). **Скріплення аркушів канцелярською скріпкою або вкладання нескріплених аркушів у прозорий файл не припускається! В цьому випадку робота не може бути прийнята на розгляд!**

Бланк завдання на розрахунково-графічну роботу містить в собі:

1. Прізвище, ім'я та по-батькові студента (студентки)
2. Номер варіанту

3. Різновид речовини, що спалахнула
4. Масову швидкість вигорання речовини
5. Можливу площу горіння
6. Питомі витрати кисню на горіння
7. Нижчу теплоту згорання речовини
8. Розміри приміщення, де відбулося загорання
9. Номер схематичного плану будівлі, з якої передбачається евакуація людей

Кожному студентові пропонується варіант завдання на розрахунково-графічну роботу, який вибирається відповідно до його порядкового номеру по списку в журналі обліку роботи викладача. Студент повинен власноручно виписати свої вихідні дані на бланк завдання відповідно до варіанту. Бланк завдання підписується викладачем. Під час оформлення роботи студент обов'язково повинен додати туди й цей бланк. **Якщо бланк завдання буде відсутній, робота до розгляду не приймається!**

Студентам необхідно виконати:

1. Розрахункова частина роботи

Необхідно розрахувати мінімально необхідний час евакуації людей з приміщення, виходячи з часу настання небезпечних факторів пожежі: підвищення температури повітря до критичного значення, втрата видимості внаслідок задимлення, насичення повітря токсичними речовинами та зменшення вмісту кисню внаслідок його вигорання.

2. Графічна частина роботи

Студентам пропонується схематичний план будівлі того чи іншого призначення. На цьому плані треба нанести основні та допоміжні шляхи евакуації людей з будівлі. План будівлі з нанесеними на ньому шляхами евакуації відображається на стандартному аркуші формату А-4. Шляхи евакуації показуються зеленим кольором за допомогою олівця, фломастера або кулькової ручки. На графічній частині роботи також треба вказати умовні позначення.

3. Нормативно-теоретична частина

Користуючись, за вказівками викладача, відповідними нормативними документами, студентам пропонується скласти рекомендації щодо улаштування шляхів евакуації з будівлі того чи іншого призначення, відповідно до варіанту завдання. В цих рекомендаціях повинно бути відображено наступне:

1. Мінімальна кількість евакуаційних виходів з будівлі
2. Відстань між евакуаційними виходами
3. Максимальна довжина коридору на шляху евакуації
4. Мінімальна ширина коридору на шляху евакуації
5. Мінімальна ширина дверних прорізів на виходах з приміщень
6. Напрямок відчинення дверей
7. Способи навішування дверних полотнин
8. Улаштування сходових кліток на шляхах евакуації (мінімальна

ширина сходового маршу; конструкції сходів, які дозволяються або не дозволяються на шляхах евакуації; улаштування виходів на сходову клітку)

9. Улаштування дверей на виходах з будівлі (конструкції дверей, що дозволяються або не дозволяються; мінімальна ширина дверей, що ведуть з будівлі)

Під час складання рекомендацій необхідно робити посилання на розділи та пункти відповідних нормативних документів.

ЗАГАЛЬНИЙ ПОРЯДОК РОЗРАХУНКУ НЕОБХІДНОГО ЧАСУ ЕВАКУАЦІЇ

На основі аналізу проектного рішення об'єкта визначаються геометричні розміри приміщення та висота робочих зон. Розраховується вільний об'єм приміщення, що дорівнює різниці між геометричним об'ємом приміщення та об'ємом обладнання або предметів, що перебувають всередині. Якщо розрахувати вільний об'єм неможливо, то допускається приймати його рівним 80 % геометричного об'єму

Далі обираються розрахункові схеми розвитку пожежі, які характеризуються видом горючої речовини або матеріалу та напрямком можливого поширення полум'я. При виборі розрахункових схем розвитку пожежі варто орієнтуватися насамперед на наявність легкозаймистих і горючих речовин та матеріалів, швидке та інтенсивне горіння яких не може бути ліквідовано силами людей, що перебувають у приміщенні. До таких речовин та матеріалів відносяться: легкозаймисті та горючі рідини, розпушені волокнисті матеріали (бавовна, льон та ін.), розвішені тканини (наприклад, завіси в театрах або кінотеатрах), декорації у видовищних закладах, папір, стружка деревини, деякі види полімерних матеріалів (наприклад, м'який пінополіуретан, оргскло) і т.д.

Для кожної з обраних схем розвитку пожежі розраховується критична для людини тривалість пожежі по наступних факторах:

- підвищеній температурі;
- втраті видимості в диму;
- токсичним газам;
- зниженому змісту кисню.

Отримані значення рівняються між собою та з них обирається мінімальне, котре і є критичною тривалістю пожежі по j -ой розрахунковій схемі.

Потім визначається найнебезпечніша схема розвитку пожежі в даному приміщенні. Із цією метою по кожній зі схем розраховується кількість вигорівшого до моменту $t_{крj}$, матеріалу $m_{jкр}t_j$ та порівнюється із загальною кількістю даного матеріалу M_j , що може бути охоплено пожежею за розглянутою схемою. Розрахункові схеми, при яких $m_j > M_j$, виключаються з подальшого аналізу. З розрахункових схем, що залишилися, обирається

найнебезпечніша схема розвитку пожежі, при якій критична тривалість пожежі мінімальна.

Отримане значення $t_{кр}$ приймається як критична тривалість пожежі для розглянутого приміщення.

За значенням $t_{кр}$ визначається необхідний час евакуації людей з даного приміщення.

Визначення геометричних характеристик приміщення

До геометричних характеристик приміщення, що використовуються у розрахунках, відносяться його геометричний об'єм, приведена висота H та висота кожної з робочих зон h .

Геометричний об'єм визначається на основі розмірів та конфігурації приміщення. Приведена висота визначається, як відношення геометричного об'єму до площі горизонтальної проекції приміщення. Висота робочої зони розраховується в такий спосіб:

$$h = h_{відм} + 1,7 - 0,5\delta$$

де $h_{відм}$ - висота відмітки зони знаходження людей над підлогою приміщення, м;

δ - різниця висот підлоги, дорівнює нулю при горизонтальному його розташуванні, м.

Варто мати на увазі, що максимальної небезпеки при пожежі піддаються люди, що перебувають на рівні більше високої відмітки. Так, при визначенні необхідного часу евакуації людей з партеру залу для глядачів з похилою підлогою значення h для партеру потрібно розраховувати, орієнтуючись на віддалені від сцени (розташовані на найбільш високій відмітці) ряди крісел.

Вибір розрахункових схем розвитку пожежі

Час виникнення небезпечних для людини ситуацій при пожежі в приміщенні залежить від виду горючих речовин та матеріалів і площі горіння, що, у свою чергу, обумовлюється властивостями самих матеріалів, а також способом їхнього складування й розміщення. Кожна розрахункова схема розвитку пожежі в приміщенні характеризується значеннями двох параметрів A і n , які залежать від форми поверхні горіння, характеристик горючих речовин і матеріалів і визначаються в такий спосіб.

1. Для горіння легкозаймистих та горючих рідин, розлитих на площі F :

- при горінні рідини зі сталою швидкістю (характерно для рідин, що легко випаровуються)

$$A = F \cdot \psi; \text{ при цьому приймаємо, що } n = 1$$

де ψ - питома стала масова швидкість вигорання речовини, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$;

- при горінні рідини з несталою швидкістю

$$A = 0,67 \psi \cdot F / \sqrt{\tau_{\text{ст}}} ; \text{ при цьому приймаємо, що } n = 1,5$$

де $\tau_{\text{ст}}$ - час становлення стаціонарного режиму вигорання рідини, с.

Значення $\tau_{\text{ст}}$ приймають в залежності від температури кипіння рідини: до 100 °C – 180 с; від 101 до 150 °C – 240 с; більше 150 °C – 360 с.

2. Для кругового поширення полум'я поверхнею рівномірно розподіленого в горизонтальній площині горючого матеріалу

$$A = 1,05 \cdot \psi \cdot V^2, \text{ при цьому приймаємо, що } n = 3$$

де V - лінійна швидкість поширення полум'я поверхнею горючого матеріалу, м/с.

3. Для вертикальної або горизонтальної поверхні горіння у вигляді прямокутника, одна зі сторін якого збільшується у двох напрямках за рахунок поширення полум'я (наприклад, горизонтальне поширення вогню по театральній завісі після охоплення її полум'ям по всій висоті)

$$A = \psi \cdot V \cdot b, \text{ при цьому приймаємо, що } n = 2$$

де b - перпендикулярний до напрямку руху полум'я розмір зони горіння, м.

4. Для вертикальної поверхні горіння, що має форму прямокутника (наприклад, горіння завіси, одиночних декорацій, горючих оздоблювальних або облицювальних матеріалів стін при запаленні знизу до моменту досягнення полум'ям верхнього краю матеріалу)

$$A = 0,667 \cdot \psi \cdot V_{\Gamma} \cdot V_B, \text{ при цьому приймаємо, що } n = 3$$

де V_{Γ} та V_B - середні значення горизонтальної та вертикальної швидкості поширення полум'я поверхнею матеріалу, м/с.

5. Для поверхні горіння, що має форму циліндра (наприклад, горіння пакета декорацій або тканин, розташованих з деяким зазором)

$$A = 2,09 \cdot \psi \cdot V_{\Gamma} \cdot V_B, \text{ при цьому приймаємо, що } n = 3$$

Кожній розглянутій розрахунковій схемі присвоюється порядковий номер (індекс j).

Визначення критичної тривалості пожежі для обраної схеми її розвитку

Розрахунок $t_{крj}$ проводиться в наступній послідовності. Спочатку знаходять значення комплексу B , який залежить від об'єму приміщення та від теплоти згорання речовини, що горить.

$$B = \frac{353C_p \cdot V}{(1 - \varphi)\eta Q}$$

де Q - нижня теплота згорання матеріалу, охопленого полум'ям (при розглянутій схемі), МДж/кг;

V - вільний об'єм приміщення, м³.

C_p - питома ізобарна теплоємність газу МДж/кг·К;

φ - коефіцієнт тепловтрат (від 0,2 до 0,25);

η - коефіцієнт повноти горіння, (0,95 для твердих горючих матеріалів та 0,75 для рідин).

Потім розраховується безрозмірний параметр z за формулою

$$z = \frac{h}{H} \exp\left(1.4 \frac{h}{H}\right)$$

де H - загальна висота приміщення

Далі визначається критична тривалість пожежі для даної j-ої схеми розвитку по кожному з небезпечних факторів:

а) підвищеній температурі

$$t_{\bar{e}dj}^T = \left\{ \frac{\hat{A}}{\bar{A}} \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0)z} \right] \right\}^{1/n}$$

де t_0 - початкова температура в приміщенні, $t_0 = 20^\circ\text{C}$;

б) втраті видимості

$$t_{\varepsilon\delta}^{\hat{A}} = \left\{ \frac{\hat{A}}{\dot{A}} \ln \left[1 - \frac{V \ln(1.05\alpha E)}{t_0 B D z} \right]^{-1} \right\}^{1/n},$$

де α - коефіцієнт відбиття (альbedo) предметів на шляхах евакуації;
 E - початкова освітленість шляхів евакуації, лк;
 D - димоутворююча здатність матеріалу, $\text{Нп} \cdot \text{м}^2 \cdot \text{кг}^{-1}$, приймається по таблиці 5;

При відсутності спеціальних вимог значення α та E приймаються рівними відповідно 0,3 і 50 лк.

в) зниженому вмісту кисню

$$t_{\varepsilon\delta}^{\hat{I}_2} = \left\{ \frac{\hat{A}}{\dot{A}} \ln \left[1 - \frac{0.044}{\left(\frac{B L_{O_2}}{V} + 0.27 \right) z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}$$

де L_{O_2} - витрата кисню на спалення 1 кг матеріалу, $\text{кг} \cdot \text{кг}^{-1}$

г) кожному з газоподібних токсичних продуктів горіння

$$t_{\varepsilon\delta}^{\dot{O}.\hat{A}} = \left\{ \frac{\hat{A}}{\dot{A}} \ln \left[1 - \frac{V X}{B L z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}$$

де X - гранично припустимий вміст даного газу в атмосфері приміщення, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3}$

($X_{CO_2} = 0,11 \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$; $X_{HCl} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг} \cdot \text{м}^{-3}$).

L - питомий вихід токсичних газів при згорянні 1 кг, $\text{кг} \cdot \text{кг}^{-1}$, приймається по таблиці 4.

З отриманих внаслідок розрахунків значень критичної тривалості пожежі вибирається мінімальне:

$$t_{\varepsilon\delta} = \min \{ t_{\varepsilon\delta}^{\dot{O}}, t_{\varepsilon\delta}^{\hat{I}.\hat{A}}, t_{\varepsilon\delta}^{\hat{I}_2}, t_{\varepsilon\delta}^{\dot{O}.\hat{A}} \}$$

Необхідний час евакуації людей з даної робочої зони розглянутого приміщення розраховується з формули:

$$t_{нб} = k_{\sigma} \cdot t_{кр}$$

де k_{σ} - коефіцієнт безпеки, $k_{\sigma} = 0,8$.

Приклади розрахунку необхідного часу евакуації

1. Розрахувати необхідний час евакуації з людей за умов досягнення критичної температури.

Вихідні дані для розрахунку:

Вид горючої речовини – дизельне паливо

Розміри приміщення 120 х 40 х 4 м

Можлива площа поверхні горіння $F_{гор} = 100 \text{ м}^2$

Питома масова швидкість вигорання - $\Psi_F = 0,042 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$

Початкова температура повітря в приміщенні - $t_n = 22^\circ\text{C}$

Нижча теплота згорання $Q_n = 48870 \text{ кДж/кг}$;

Висота робочої зони працюючих – $h = 1,8 \text{ м}$;

Коефіцієнт тепловтрат – $\varphi = 0,75$;

Коефіцієнт повноти горіння - $\eta = 0,95$;

питома ізобарна теплоємність - $C_p = 1,32 \text{ кДж}/(\text{кг К})$;

Рішення:

1. Визначаємо розмірний параметр А, що враховує питому масову швидкість вигорання горючого матеріалу і площу пожежі для випадку горіння рідини із сталою швидкістю

$$A = \Psi_F \cdot F_{гор} = 0,042 \cdot 100 = 4,2 \text{ кг/с}$$

При цьому, показник ступеня, що враховує зміну маси вигоряючого матеріалу у часі – $n = 1$

2. Визначаємо розмірний комплекс В, що залежить від теплоти згорання матеріалу і вільного об'єму приміщення

$$B = \frac{353 C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \eta Q} = \frac{353 \cdot 0,00132 \cdot 120 \cdot 40 \cdot 4 \cdot 0,8}{(1 - 0,75) 0,5 \cdot 48,87} = 887,59$$

3. Визначаємо безрозмірний параметр Z, що враховує нерівномірність розподілу небезпечних факторів пожежі по висоті приміщення

$$\text{при } H \leq 6 \text{ м,} \quad z = \frac{h}{H} \exp\left(1,4 \frac{h}{H}\right) = \frac{1,8}{4} \exp\left(1,4 \frac{1,8}{4}\right) = 0,845$$

де h – висота робочої зони, м;

H – висота приміщення, м.

4. Розраховуємо значення критичної тривалості пожежі ($t_{кр}$) за умовою

досягнення підвищеної температури в зоні перебування людей (у робочій зоні):

$$t_{\hat{e}\hat{o}}^T = \left\{ \frac{\hat{A}}{\bar{A}} \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0)z} \right] \right\}^{1/n}$$

$$= \left\{ \frac{887,59}{4,2} \ln \left[1 + \frac{70 - 22}{(273 + 22)0,845} \right] \right\}^{1/1} = 37,2c$$

ВИСНОВОК: Необхідний час евакуації по досягненню критичної температури складає 37 секунд.

2. Розрахувати необхідний час евакуації з людей по досягненню гранично припустимої концентрації токсичних речовин (НСІ).

Вихідні дані для розрахунку:

Вид горючої речовини – полівінілхлорид

Розміри приміщення 40 x 50 x 5 м

Питома масова швидкість вигорання - $\Psi_F = 0,0028 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$

Питоме виділення хлористого водню при згорянні 1кг речовини $L_{\text{HCl}} = 0,38 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

ГПК хлористого водню $X_{\text{HCl}} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/\text{м}^3$;

Нижча теплота згорання $Q_H = 24300 \text{ кДж}/\text{кг}$;

Висота робочої зони працюючих – $h = 1,8 \text{ м}$;

Коефіцієнт тепловтрат – $\varphi = 0,75$;

Коефіцієнт повноти горіння - $\eta = 0,5$;

Питома ізобарна теплоємність - $C_p = 1,32 \text{ кДж}/(\text{кг К})$;

лінійна швидкість поширення полум'я – $v_{\text{л}} = 0,033 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$;

Рішення:

1. Визначаємо розмірний параметр А

$$A = 1,05 \cdot \Psi_F \cdot v_{\text{л}}^2 = 1,05 \cdot 0,0028 \cdot 0,033^2 = 3,2 \cdot 10^{-6} \text{ кг}/\text{с}$$

При цьому, $n=3$

2. Визначаємо розмірний комплекс В

$$B = \frac{353 C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \eta Q} = \frac{353 \cdot 0,00132 \cdot 50 \cdot 40 \cdot 5 \cdot 0,8}{(1 - 0,75) 0,5 \cdot 24,3} = 929,7 \text{ êã}$$

3. Визначаємо безрозмірний параметр Z,

$$\text{при } H \leq 6 \text{ м,} \quad z = \frac{h}{H} \exp\left(1.4 \frac{h}{H}\right) = \frac{1,8}{5} \exp\left(1.4 \frac{1,8}{5}\right) = 0,6$$

4. Розраховуємо значення критичної тривалості пожежі ($t_{\text{кр}}$) за умовою досягнення граничної концентрації хлористого водню

$$t_{\text{ед}}^{\text{О.А.}} = \left\{ \frac{\hat{A}}{\hat{A}} \ln \left[1 - \frac{VX}{BLz} \right]^{-1} \right\}^{1/n} =$$

$$= \left\{ \frac{929,7}{3,2 \cdot 10^{-6}} \ln \left[1 - \frac{2000 \cdot 5 \cdot 0,8 \cdot 23 \cdot 10^{-6}}{929,7 \cdot 0,38 \cdot 0,6} \right]^{-1} \right\}^{1/3} = 63 \text{ с}$$

ВИСНОВОК: Необхідний час евакуації по досягненню гранично припустимої концентрації складає 63 секунди.

3. Розрахувати необхідний час евакуації людей з приміщення по зниженню концентрації кисню при пожежі.

Вихідні дані:

Вид горючої речовини – розчинник №346

Розміри приміщення 90 х 60 х 4 м

Можлива площа горіння $F_{\text{гор.}} = 80 \text{ м}^2$

Питома масова швидкість вигорання - $\Psi_F = 0,048 \text{ кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$

Питомі витрати кисню для згорання 1кг речовини $L_{\text{O}_2} = 3,34 \text{ кг} \cdot \text{кг}^{-1}$.

Нижча теплота згорання $Q_n = 43540 \text{ кДж}/\text{кг}$;

Висота робочої зони працюючих – $h = 1,8 \text{ м}$;

Коефіцієнт тепловтрат – $\varphi = 0,75$;

Коефіцієнт повноти горіння - $\eta = 0,95$;

Питома ізобарна теплоємність - $C_p = 1,32 \text{ кДж}/(\text{кг К})$;

Рішення:

1. Визначаємо розмірний параметр А

$$A = \Psi_F \cdot F_{\text{гор.}} = 0,048 \cdot 80 = 3,84 \text{ кг/с}$$

При цьому, $n=1$

2. Визначаємо розмірний комплекс В

$$B = \frac{353 C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \eta Q} = \frac{353 \cdot 0,00132 \cdot 90 \cdot 60 \cdot 4 \cdot 0,8}{(1 - 0,75) 0,5 \cdot 43,54} = 1120,78 \text{ с}$$

3. Визначаємо безрозмірний параметр Z,

$$\text{при } H \leq 6 \text{ м,} \quad z = \frac{h}{H} \exp\left(1.4 \frac{h}{H}\right) = \frac{1,8}{4} \exp\left(1.4 \frac{1,8}{4}\right) = 0,845$$

4. Розраховуємо значення необхідного часу евакуації ($t_{кр}$) за умовою досягнення граничної концентрації кисню:

$$t_{\hat{e}\hat{o}}^{\hat{i}_2} = \left\{ \frac{\hat{A}}{\hat{A}} \ln \left[1 - \frac{0.044}{\left(\frac{BL_{O_2}}{V} + 0.27 \right) z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}$$

$$= \left\{ \frac{1120,78}{3,84} \ln \left[1 - \frac{0.044}{\left(\frac{1120,78 \cdot 3,34}{17280} + 0.27 \right) 0,845} \right]^{-1} \right\}^{1/1} = 33 \text{ с}$$

ВИСНОВОК: Необхідний час евакуації по досягненню граничної концентрації кисню складає 33 секунди.

Методичну розробку склав:

ст. викладач

Ю.В.Квітковський