



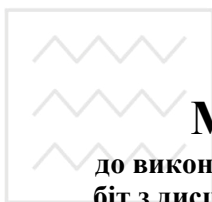
Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки України  
Національний університет водного господарства  
та природокористування

Навчально-науковий механічний інститут

Кафедра розробки родовищ та видобування корисних  
копалин

**02-06-11**



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**Методичні вказівки**  
до виконання практичних та лабораторних ро-  
біт з дисципліни «Аерологія гірничих виробок»  
студентами за напрямом підготовки 6.050301  
«Гірництво» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано методичною  
комісією за напрямом підготовки  
6.050301 «Гірництво»  
Протокол № 3 від 05.05.2015р.

Рівне 2015



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Методичні вказівки до виконання практичних та лабораторних робіт з дисципліни «Аерологія гірничих виробок» студентами за напрямом підготовки 6.050301 «Гірництво» денної та заочної форм навчання. /А.І.Новак. – Рівне: НУВГП, 2015. – 34с.

Упорядник: А.І. Новак, доцент, кандидат технічних наук

Відповідальний за випуск: В.А. Стріха, к.т.н., доцент, в.о. завідувача кафедри розробки родовищ та видобування корисних копалин.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

© Новак А.І., 2015  
© НУВГП, 2015



## Зміст

	с
Вступ	4
Практичне заняття № 1. Атмосферне повітря та його склад. Шахтна атмосфера.....	5
Практичне заняття № 2. Аерологія підземних гірничих виробок.....	6
Практичне заняття № 3. Шахтні вентиляційні мережі.....	8
Практичне заняття № 4. Розрахунок параметрів провітрювання тупикових прохідницьких забоїв.....	8
Практичне заняття № 5. Розрахунок параметрів провітрювання тупикових очисних забоїв.....	13
Практичне заняття № 6. Розрахунок параметрів провітрювання лавообразних гірничих виробок.....	14
Практичне заняття № 7. Вугільні шахти та калійні рудники.	15
Практичне заняття № 8. Копальні (рудники).....	17
Практичне заняття № 9. Вибір засобів провітрювання підземних гірничих виробок.....	20
Практичне заняття № 10. Аерологія кар'єрів. Склад атмосферного повітря кар'єрів.....	21
Практичне заняття № 11. Джерела забруднення атмосфери кар'єрів.....	22
Практичне заняття № 12. Схеми природного провітрювання кар'єрів.....	22
Практичне заняття № 13. Термодинаміка атмосфери кар'єрів.	23
Практичне заняття № 14. Провітрювання кар'єрів енергією термічних сил.....	23
Практичне заняття № 15. Комбіноване провітрювання кар'єрів.....	24
Практичне заняття № 16. Штучна вентиляція кар'єрів.....	25
Практичне заняття № 17. Види забруднення навколишнього середовища на кар'єрах.....	25
Практичне заняття № 18. Розрахунок інтенсивності пиловиділення на кар'єрі.....	26
Практичне заняття № 19. Розрахунок інтенсивності виділення газів і шкідливих компонентів в атмосферу на кар'єрах.....	30
Практичне заняття № 20. Розрахунок зони забруднення повітряного середовища.....	31
Практичне заняття № 21. Заходи по захисту від шуму.....	32
Література.....	32
Додаток А. Індивідуальне завдання	33



## Вступ

Дисципліна “Аерологія гірничих виробок” є розділом гірничої справи і має тісний зв’язок з іншими дисциплінами гірничого циклу, такими як: “Основи гірничого виробництва”, “Руйнування гірничих порід”, “Спорудження гірничих виробок”, “Охорона праці” та іншими.

*Мета вивчення дисципліни “Аерологія гірничих виробок”* є придбання студентами теоретичних знань і практичних навичок по забезпеченню різноманітних гірничих робіт достатньою кількістю свіжого повітря.

*Завдання:* підготовка сучасного спеціаліста з розробки родовищ та видобування корисних копалин підземним та відкритим способами.

*За підсумком вивченого студент повинен:*

*знати:*

- склад шахтного повітря та методи його якісного забезпечення;
- сучасні способи вентиляції підземних та відкритих гірничих виробок;
- методи розрахунків та вибору різноманітного сучасного вентиляційного обладнання.

*вміти:*

- проводити розрахунки необхідної кількості повітря для виконання гірничих робіт;
- вибирати вентиляційне обладнання стосовно видам шахтних робіт.

**Шахтна вентиляція** – це галузь гірничої справи, яка втілює в собі наукові основи і технічні засоби по забезпеченню обміну забрудненого повітря в підземних виробках, чистим атмосферним повітрям.

Обмін повітря в шахтах, який здійснюється під впливом природних факторів (температура, тиск та ін.) називається природною вентиляцією. А якщо для цього застосовують спеціальні технічні засоби (вентилятори), то він зветься штучною вентиляцією, або штучним провітрюванням. Значне поглиблення гірничих робіт створює передумови до застосування газовиділення пластів, підвищення температури повітря, зростання інтенсивності пилоутворення.

Першочергове значення в створенні цих умов має шахтна вентиляція, тому вона є одним з головних виробничих процесів в шахтах.



## Практичне заняття № 1.

### Атмосферне повітря та його склад

Атмосферне повітря – це газоподібна оболонка, яка огортає земну поверхню. Приблизний склад атмосферного повітря на рівні моря (у % до об'єму) складає:

Азот	78,08 %
Кисень	20,95 %
Аргон	0,93 %
Вуглекислий газ	0,03 %
Гелій, неон, криптон, озон, радон, водень, ксенон	0,01%

### Шахтна атмосфера

**Шахтна атмосфера** (шахтне повітря) – повітряне середовище шахти, яке по своєму складу відрізняється від атмосферного.

**Склад шахтного повітря залежить від:**

- поглинання кисню  $O_2$ ;
- виділення шкідливих газів ( $CO_2$ ,  $CH_4$ ,  $H_2S$ ,  $SO_2$  ін.);
- приєднання газів, які утворюються при вибухових роботах ( $NO_2$ ,  $N_2O_5$  ТА ін.);
- утворення шахтного або рудничного пилу;
- зміна фізичних параметрів повітря (температура, вологість, тиск, щільність).

**Свіже шахтне повітря** – це шахтне повітря, яке за своїм складом не відрізняється від атмосферного або ця різниця незначна.

**Забруднене шахтне повітря** – якщо різниця забрудненого складу повітря від атмосферного значна.

**Склад шахтного повітря:**

Азот	78 %
Кисень	не < 20 %
Вуглекислий газ	не > 0,5 %
Інші неотруйні гази	1,5 %



**Газовим балансом шахти** – зветься її абсолютне метановиділення ( $\text{м}^3/\text{хв.}$ ), яке дорівнює сумі метановиділень окремих джерел метановиділення.

**Метанообільністю шахти** називається кількість метану, який виділяється в шахті за одиницю часу.

**Абсолютна метанообільність** – кількість метану, яка виділяється в шахті протягом доби,  $\text{м}^3$ .

Відносна метанообільність – кількість метану, яка виділяється в шахті на протязі доби на 1 т добового видобутку вугілля,  $\text{м}^3/\text{т}$ .

## Практичне заняття № 2.

### Аерологія підземних гірничих виробок

**Спосіб вентиляції** – спосіб подачі повітря в шахту: нагнітаючий, всмоктуваний і комбінований.

**Схема вентиляції** – називається певний порядок розподілу і руху повітря по гірничих виробках.

Швидкість руху повітря в підземних гірничих виробках вимірюють анеометрами: крильчатими та чашковими.

**Шахтна аеродинаміка.** В повітряному потоці по гірничим виробкам діють поверхневі сили (рухомий потік чинить динамічний тиск на перепону) і об'ємні сили (вага повітря викликає аеростатичний тиск). Рух повітря по виробці може бути ламінарним і турбулентним.

**Ламінарний рух повітря** – характеризується невеликою швидкістю потоку (до  $0,01 \text{ м/с}$ ) і паралельними траєкторіями руху часток, без їх перемішування.

**Турбулентний рух повітря** – це безладний і мінливий рух перемішуваних в потоці часток. В гірничих виробках завжди турбулентний рух (так як згідно Правилам безпеки швидкість повітряного потоку не повинна бути менше ніж  $0,25 \text{ м/с}$ ).

В повітрі діють сили міжмолекулярного зчеплення, які викликають молекулярну в'язкість. Аеродинамічний опір буває двох видів: сили тертя об стінки гірничих виробок і сили тиску на перепони.

Депресія шахти (або натиск)  $h$  – це втрати тиску і залежить від витрат повітря ( $Q$ ) і від суми аеродинамічного опору усіх гірничих



виробок ( $\sum R$ ) по самому довгому шляху руху конкретного повітряного потоку в шахті:

$$h = \sum R \cdot Q^2, \text{ Па}, \quad (2.1)$$

де:

$\sum R$  - сума місцевих аеродинамічних опорів.

Для протяжних ділянок:

$$R = \frac{\alpha \cdot P \cdot L}{S^2}, \quad (2.2)$$

для ділянок розширення, звуження і поворотів виробки:

$$R = \frac{\xi \cdot g}{2 \cdot S_1^2}, \quad (2.3)$$

де:  $\alpha$  - коефіцієнт аеродинамічного опору тертя, вибирається по таблиці в залежності від типу виробки та виду кріплення і рівний від  $0,006 \text{ Н с}^2/\text{м}^4$  - для горизонтальної виробки без кріплення, до  $0,3 \text{ Н с}^2/\text{м}^4$  - для закріпленої лави;

$P$  - периметр поперечного перерізу виробки, м;

$L$  - довжина виробки, м;

$S$  і  $S_1$  - площа поперечного перерізу протяжної виробки і виробки в вузькому перерізі,  $\text{м}^2$ ;

$\xi$  - коефіцієнт раптового розширення (звуження) виробки або поворотів);

$g$  - щільність шахтного повітря, рівна  $1,2 \text{ кг/м}^3$ ;

$Q$  - витрати повітря,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Витоки повітря або втрати повітря в шахті можуть досягати до 50-60 % від всієї кількості поданого повітря: 44% - втрачається у відпрацьованому просторі, а до 56%- через вентиляційні споруди.



### Практичне заняття № 3. Шахтні вентиляційні мережі

Провітрювання шахти здійснюється шляхом створення повітряного потоку в мережі гірничих виробок. Прийнятий напрям повітряних потоків в мережі визначає схему провітрювання шахти і окремих її ділянок. В шахтну вентиляційну мережу входять гірничі виробки і споруди, по яких рухається повітря, а також виробки, вентиляційні споруди і відпрацьований простір, через який частково зникає повітря. Повітряні потоки шкідливих сумішей (газів, пилу, тепла), вентиляційна мережа, вентиляційні споруди і джерела тяги в мережі створюють *шахтну вентиляційну систему*, яка характеризується схемою руху повітрі в мережі, інтенсивністю вентиляційного процесу (обміну і переміщення маси і енергії) і аеродинамічним режимом повітряних течій. *Головними параметрами шахтної вентиляційної системи є:*

- концентрація шкідливих домішок в шахтній атмосфері;
- об'ємні дебіти повітряних потоків (розподілення повітря в мережі);
- аеродинамічний опір гірничих виробок і споруд;
- депресія джерел механічної і природної тяги.

### Практичне заняття № 4. Розрахунок параметрів провітрювання тупикових прохідницьких забоїв

1. Відставання вентиляційного трубопроводу від забою не повинно перебільшувати:

5 м – для востаючих виробок та стволів;

8 м – для газових шахт;

10 м – для інших копалень (відстань кінця вентиляційної труби від забою (Рис. 1).



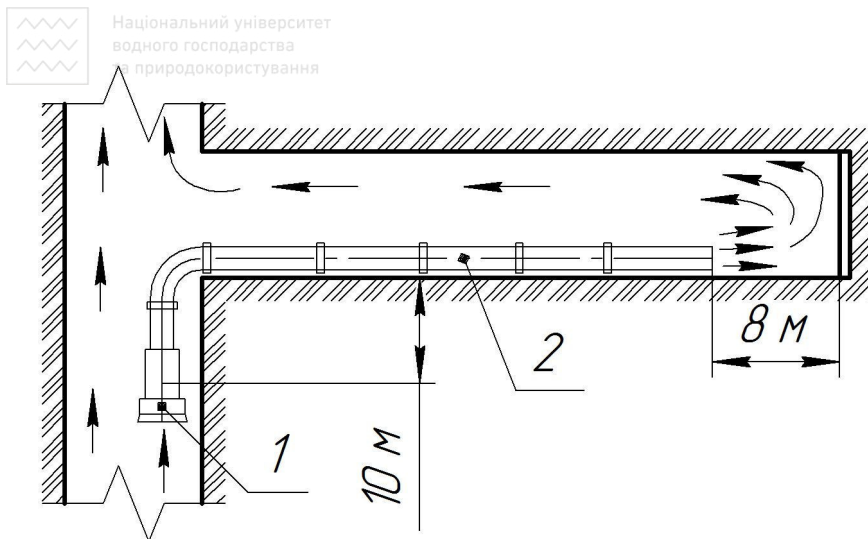


Рис.1. Схема провітрювання тупикового забою

1 – ВМП; 2 – вентиляційний трубопровід.

Довжина відставання вентиляційного трубопроводу від забою (L) визначається за виразом

$$L = 0,5 \cdot \sqrt{S} \text{ , м ,} \quad (3.1)$$

де:  $S$  - площа перерізу виробки у світлі,  $\text{м}^2$ .

2. Кількість необхідного повітря в забої визначається:

- за максимальною кількістю людей (M), що постійно знаходяться в забої:

$$Q_z = 6 \cdot M \text{ , м}^3/\text{хв.} \quad (3.2)$$

- за кількістю підірваної ВР (підіраного за один прийом):

$$Q_z = \frac{2,25 \cdot S}{60 \cdot t} \cdot \sqrt[3]{\frac{k \cdot A \cdot b \cdot L^2}{S \cdot g^2}} \text{ , м}^3/\text{с} \quad (3.3)$$

де:



$t$  - час провітрювання забою ( не  $> 30$  хв.);

$k$  - коефіцієнт обводнення виробки (для сухих виробок  $k=0,8$ , для вологих  $k=0,6$ );

$A$  - кількість підірваного ВВ за один цикл, кг;

$b$  - ступінь газовиділення ( $b=100$  л/кг при підриві по вугіллю та  $b=40$  л/кг при підриві по породі);

$L$  - довжина тупикової частини виробки, м;

$g$  - коефіцієнт втрат повітря (при довжині трубопроводу 100 м  $g=1,07$ , при довжині трубопроводу 800 м  $g=1,43$ ).

3. Потрібне подання повітря для вентилятору розраховується з урахуванням втрат повітря:

$$Q_{\text{вент}} = g \cdot Q_3, \text{ м}^3/\text{хв. або м}^3/\text{с} \quad (3.4)$$

де:

$g$  - втрати повітря, можуть досягати 50–60%, тому  $g = 1,5-2$ .

4. За потреби подання (продуктивності) вибирається вентилятор місцевого провітрювання з регульованою подачею і депресією від 800 до 3000 Па (табл. 1):

Таблиця 1

Характеристики вентиляторів

Показники обладнан- ня	Тип вентиляторів					
	ВМ- 3М	ВМ- 4М	ВМ- 5М	ВМ- 6М	ВМ- 8М	ВМ- 12М
1	2	3	4	5	6	7
Діаметр вент. трубо- проводу, мм	300	400	500	600	800	1200



Продовження табл.1

1	2	3	4	5	6	7
Продуктивність (подача, дебіт), м <sup>3</sup> /с						
-оптимальна	1,1	1,9	3,2	5,7	10	20
-в робочій зоні	0,7-1,7	0,8-2,6	1,7-4,7	2,3-8	4-13	10-32
К. к. д.	0,7	0,72	0,75	0,76	0,76	0,76
Повний тиск, кПа	1-0,4	2,0-0,5	2,4-0,6	3,4-0,7	4,2-0,8	3,8-0,8
Потужність, що використовується, кВт	1-2,2		5-13		15-50	40-110
Напруга, В	380/660	380/660	380/660	380/660	380/660	380/660
Маса, кг	80	140	250	350	750	2300

Із збільшенням довжини трубопроводу в ньому збільшується не тільки аеродинамічний опір (в 1,5-2 рази на кожні 100 м), але й втрати повітря на кожні 100 м по 5-7%.

**Якщо є необхідність збільшити витрати повітря, то вентилятори встановлюють паралельно, а якщо потрібно посилити депресію – вентилятори встановлюють послідовно.**

Оптимальна довжина трубопроводу на один вентилятор дорівнює:

$$L_{mp} = \frac{R_{100} \cdot (Q_B - Q_3)}{100 \cdot h_g}, \text{ м} \quad (3.5)$$

де:



$R_{100}$  - опір стандартного трубопроводу, довжиною 100 м, визначається за таблицею, Н с<sup>2</sup>/м<sup>8</sup>;

$Q_v$  - подача, дебіт вентилятора, повинен бути

$$Q_B = (1,5 \dots 2,5) \cdot Q_z, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.6)$$

$Q_z$  - витрати повітря для розбавленого газу, який виділяється у забої, куб. м на с;

$h_v$  - депресія, напір вентилятора, Н с<sup>2</sup>/м<sup>5</sup>.

Площа поперечного перерізу будь-якої виробки перевіряється на швидкість руху струму повітря, який не повинен перевищувати обмежених значень:



$$\frac{Q}{[V_{\max}]} \leq S \leq \frac{Q}{[V_{\min}]}, \text{ м}^2 \quad (3.7)$$

$$Q = \frac{e \cdot A_{\text{см}} \cdot b_r \cdot 100 \cdot k_{\text{зан}}}{1000 \cdot c \cdot T \cdot 60}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (3.8)$$

де:

$Q$  - максимальна необхідна кількість повітря, м<sup>3</sup>/с;

$e$  - орієнтовні витрати ВР на заходку,  $e = 0,3-0,5$ , кг/т;

$A_{\text{см}}$  - позмінна продуктивність шахти (приймати від 400 до 700 т);

$b_r$  - кількість отруйних газів, що виділяються під час вибуху 1 кг ВР ( $b_r = 40$  л/кг);

$k_{\text{зан}}$  - коефіцієнт запасу,  $k_{\text{зан}} = 1,3-1,4$ ;

$c$  - допустима концентрація газів по СО,  $c = 0,08\%$ ;

$T$  - мінімальний час провітрювання (30 хв.);

$[V_{\min}]$  - мінімальна швидкість руху повітря, яка дорівнює 0,25 м/с, а також;



$[V_{\min}] = 0,7$  м/с – в штреках з стрічковим конвеєром;

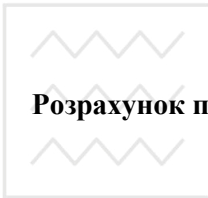
$[V_{\min}] = 0,15$  м/с – при перерізі виробки  $S < 24$  м<sup>2</sup>;

$[V_{\min}] = 0,10$  м/с – при перерізі виробки  $S > 24$  м<sup>2</sup>.

$[V_{\max}]$  – максимальна швидкість руху повітря по гірським вироб-

кам:

- в квершлагах, вентиляційних і відкаточних штреках – 8 м/с;
- в очисних, нарізних і підготовчих виробках – 4 м/с;
- в людських стволах – 8 м/с;
- в вантажних стволах – 8 м/с;
- в вентиляційних шурфах без східчастого відділення – 12 м/с;
- у вентиляційному каналі – 15 м/с.



### Практичне заняття № 5.

#### Розрахунок параметрів провітрювання тупикових очисних забоїв

При нагнітаючому провітрюванні для розрідження продуктів вибуху до безпечного вмісту ( $CO=0,008\%$ ),

$$Q = \frac{21,4 \cdot \sqrt{Q_{BB} \cdot V_B}}{t_{np}}, \text{ м}^3/\text{хв} \quad (4.1)$$

де:

$t_{np}$  - час провітрювання, хв;

$Q_{BB}$  - витрати ВР, кг;

$V_B$  - об'єм провітрюваної гірничої виробки, м<sup>3</sup>;

- при застосуванні самохідного устаткування



$$Q = 6,8 \cdot N, \text{ м}^3/\text{хв} \quad (4.2)$$

де:

$N$  - потужність двигуна, кВт;

- по найбільшій кількості людей:

$$Q = 6 \cdot M, \text{ м}^3/\text{хв} \quad (4.3)$$

де:

$M$  - максимальна кількість людей, що одночасно знаходяться у виробці.

- по пиловому фактору

$$Q \geq V \cdot S, \text{ м}^3/\text{хв} \quad (4.4)$$

де:

$V$  - мінімальна допустима швидкість руху повітря по виробці  
0,25 м/с;

$S$  - переріз виробки,  $\text{м}^2$ .

### Практичне заняття № 6.

#### Розрахунок параметрів провітрювання забоїв лавообразних виробок

$$Q_{\text{лав}} = \frac{25,5 \cdot S_{\text{л}} \sqrt{A \cdot S_{\text{л}} \cdot L_{\text{л}}}}{t}, \text{ м}^3/\text{хв} \quad (5.1)$$

де:

$S_{\text{л}}$  - площа поперечного перерізу лавообразної виробки,  $\text{м}^2$ ;

$L_{\text{л}}$  - довжина лавообразної виробки від місця вибуху по струменю до її з'єднання з вентиляційною виробкою, м;

$A$  - еквівалентний отвір, дорівнює:



$$A = \frac{0,121}{\sqrt{R}}, \text{ м}^2 \quad (5.2)$$

де:

$R$  - аеродинамічний опір

$$R = \frac{9,8 \cdot \alpha \cdot P \cdot L}{S^3}, \quad (5.3)$$

де:

$\alpha$  - коефіцієнт аеродинамічного опору виробки, вибирається за таблицями довідників, в залежності від виду кріплення і перерізу виробки;

$P$  - периметр виробки, м;

$L$  - довжина виробки, м;

$S$  - площа перерізу виробки,  $\text{м}^2$ .

### Розрахунок витрат повітря по шахті в цілому

#### Практичне заняття № 7.

#### Вугільні шахти і калійні рудники

**А.** По газу метану:

$$Q_{ш} = \sum Q_{\text{пласт}}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (6.1)$$

$$Q_{\text{пласт}} = \frac{100 \cdot q_{\text{пласт}} \cdot A_{\text{пласт}}}{1440}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (6.2)$$

де:

$q_{\text{пласт}}$  - відносна газонасність пласту,  $\text{м}^3/\text{т}$ ;

$A_{\text{пласт}}$  - добовий видобуток вугілля з пласту, т/добу;

1440 – кількість хвилин в добі.



**Б.** По найбільшій кількості людей ( $M$ ), що одночасно знаходяться в шахті

$$Q_{ш} = 6 \cdot M, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (6.3)$$

**В.** По розрідженню продуктів вибуху до безпечного вмісту ( $CO=0,008\%$ ), при нагнітаючому провітрюванні – як сума витрати повітря для кожної виробки окремо:

$$Q = \frac{21,4 \cdot \sqrt{Q_{BB} \cdot V_B}}{t_{np}}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (6.4)$$

$$Q_{ш} = \sum Q, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (6.5)$$

де:

$Q_{BB}$  - витрати ВР, кг;

$V_B$  - об'єм провітрюваної виробки,  $\text{м}^3$ ;

$t_{np}$  - час провітрювання, хв.

**Г.** За пиловиділенням для калійних рудників

- для рудників I-III категорії за пилом і надкатегорійністю

$$Q_{ш} = Q_n \cdot A_{ш} \cdot k_{зан}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (6.6)$$

де:

$Q_n$  - норма витрати повітря на 1 т видобутої гірської маси, в залежності від розміру часток і кількості пилу:

$A_{ш}$  - добовий видобуток шахти, т/добу;

$k_{зан}$  - коефіцієнт запасу, дорівнює 1,2.





Категорія рудника за газом	I	II	III	надкате- горійні
Розмір часток пи- лу, мкм	до 5-10	5-10	5-10	5-10
Кількість пилу, $10^3$ мг/т	1	1-5	5-20	Більше 20
$Q_n$ , $\text{м}^3/\text{млн. т}$	0,4	0,4-2,0	2,0-8,0	Більше 8,0

Д. Витрати повітря для шахти в цілому

$$Q_{\text{ш. заг}} = 1,2 \cdot k \cdot Q_{\text{ш}}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (6.7)$$

де:

1,2 – коефіцієнт запасу;

$Q_{\text{ш}}$  - приймається максимальним із усіх отриманих значень витрати повітря,  $\text{м}^3/\text{хв.}$ ;

$k$  - корегуючий коефіцієнт, враховуючий схему вентиляції (центральна або флангова), число провітрюваних горизонтів, діляниць, втрати повітря у відпрацьованому просторі, у підготовчих виробках, дорівнює  $k=1,45-2,45$ , із урахуванням природної тяги додаємо ще  $k_c=1,2$ .

## Практичне заняття № 8.

### Копальні (рудники)

**3.1.** За найбільшою кількістю людей ( $M$ ), що одночасно знаходяться в шахті:



$$Q_p = 6 \cdot M \cdot k_{зан}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (7.1)$$

де:  $k_{зан}$  - коефіцієнт запасу, який враховує спосіб вентиляції:

а) при всмоктувальному способі провітрювання  $k_{зан}=1,4$  – при відсутності аеродинамічного зв'язку з землею поверхнею і  $k_{зан}=1,6$  – при значній зоні обрушень;

б) при нагнітаючому способі провітрювання, відповідно  $k_{зан}=1,35$  і  $k_{зан}=1,55$ . При врахуванні природної тяги додаємо ще  $k_c=1,2$ .

### 3.2. За вибуховими речовинами:

- для рудників I- III категорії за газом:

$$Q_p = Q_d \cdot A_{ш} \cdot k_{зан}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (7.2)$$

де:

$Q_d$  - норма витрати повітря на  $1\text{ м}^3$  видобутку гірської маси:

Категорія рудника за газом	I	II	III	надкатегорійні
$Q_d, \text{ м}^3/\text{хв. м}^3$	1,4	1,75	2,1	більше 2,1

$A_{ш}$  - добовий видобуток копальні по гірській масі,  $\text{м}^3/\text{добу}$ ;

- для надкатегорійних копалень:

$$Q_p = \frac{q \cdot A_{ш} \cdot k_{зан}}{14,4 \cdot c}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (7.3)$$

де:



$q$  - відносна газонасність копалень,  $\text{м}^3/\text{м}^3$  гірської маси;

$c$  - допустима об'ємна частка газу в загальному витікаючому потоці,  $c=0,75\%$ .

**3.3.** По розрідженню продуктів вибуху до безпечного вмісту ( $\text{CO}=0,008\%$ ).

$$Q = \frac{500 \cdot Q_{BB} \cdot k_{зан}}{t_{np}}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (7.4)$$

де:

$Q_{BB}$  - кількість одночасно вибухаючих ВР, кг;

$t_{np}$  - час провітрювання гірничих виробок (не менше 30 хв.).

**3.4.** За пиловиділенням:

- для рудників I-III категорії за пилом і надкатегорійних

$$Q_p = Q_{\Pi} \cdot A_{ш} \cdot k_{зан}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (7.5)$$

де:

$Q_{\Pi}$  - норма витрати повітря на 1т видобутку гірської маси, в залежності від розміру часток і кількості пилу:

Категорія рудника за газом	I	II	III	надкатегорійні
Розмір часток пи-лу, мкм	до 5-10	5-10	5-10	5-10
Кількість пилу, $10^3$ мг/т	1	1-5	5-20	Більше 20
$Q_n$ , $\text{м}^3/\text{млн. т}$	0,4	0,4-2,0	2,0-8,0	Більше 8,0



$Q_p$  - приймається максимальним значенням із усіх отриманих витрат повітря.

Вентилятори місцевого провітрювання працюють в діапазоні: натиск  $h = 500-6000$  Па, дебіт  $Q = 2-2,5$  м<sup>3</sup>/с. Тип вентилятора вибирають за двома показниками: витрати повітря, м<sup>3</sup>/хв. (продуктивність вентилятора) і по депресії.

## Практичне заняття № 9.

### Вибір засобів провітрювання підземних гірничих виробок

Вибір трубопроводу. При проведенні горизонтальних і похилих виробок, для вентиляційних трубопроводів у залежності від способу провітрювання, можуть застосовуватись як жорсткі, так і гнучкі вентиляційні труби. При нагнітальному способі провітрювання застосовуються гнучкі вентиляційні труби, а при усмоктувальному – жорсткі.

### Визначення коефіцієнту витоків повітря з трубопроводів

Коефіцієнт витоків повітря для гнучких вентиляційних трубопроводів, діаметром 0,6-1,0 м визначається згідно таблиці 5.4 [4] у залежності від довжини трубопроводу і витрати повітря в призабійному просторі, а для трубопроводів діаметром 0,5 м і менше за формулою:

$$k_{ум.тр} = 1 + 1,78 \cdot 10^{-6} \cdot d_{тр}^2 \cdot l_{тр}^2 \cdot Q_{з.п}, \quad (8.1)$$

де:

$d_{тр}$  - діаметр трубопроводу, м;

$l_{тр}$  - довжина трубопроводу, м;

$Q_{з.п}$  - витрати повітря в призабійному просторі, м<sup>3</sup>/хв.



## Визначення аеродинамічного опору трубопроводу

Аеродинамічний опір гнучкого вентиляційного трубопроводу без витоків повітря ( $R$ ) визначається за формулою:

$$R_p = r_{mp} \cdot (l_{mp} + 20 \cdot d_{mp} \cdot n_1 + 10 \cdot d_{mp} \cdot n_2), \quad (8.2)$$

де:

$r_{mp}$  - питомий аеродинамічний опір гнучкого вентиляційного трубопроводу без витоків повітря,  $\text{K} \mu / \text{м}$ , визначається за таблицею

$n_1$  і  $n_2$  - число поворотів трубопроводів на  $90^\circ$  і  $45^\circ$  відповідно.

$d_{mp}, \text{м}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0
$r_{mp}, \text{K} \mu / \text{м}$	7,86	1,33	0,304	0,177	0,071	0,0161	0,0053

## Практичне заняття № 10.

### Аерологія кар'єрів

### Склад атмосферного повітря кар'єрів

При розробці деяких родовищ в атмосферу кар'єру можуть виділятися газоподібні та пилоподібні речовини. Вміст в повітрі робочої зони шкідливих газів і парів не повинен перевищувати гранично допустимі концентрації (ПДК),  $\text{мг/м}^3$ :

Акролеїн	0,2
Формальдегід	0,5
Тринітротолуол	1,0
Оксиди азоту	5,0
Оксид вуглецю	20
Сірководень	10



**Робочою зоною** – рахується простір, висотою до 2 м над рівнем ґрунту або майданчику, в якому розташовані місця постійного чи тимчасового перебування працівників.

**Швидкість повітря в кар'єрах** визначається швидкістю повітря на поверхні і температурним режимом кар'єру.

### Практичне заняття № 11.

#### Джерела забруднення атмосфери кар'єрів

Внутрішні джерела забруднення:

- а) точкові (бурові верстати, екскаватори, каменерізні машини);
- б) об'ємні (пилогазова хмара після вибуху ВР);
- в) лінійні (автошляхи, відвалоутворювачі, виділення газів із пластів);
- г) рівномірний розподіл (ерозія ґрунту, вивітрювання поверхні бортів).

Зовнішні джерела: відвали, хвостосховища.

### Практичне заняття № 12.

#### Схема природнього провітрювання кар'єрів

Кар'єр є частиною земної поверхні. Тому повітрообмін в ньому в значній мірі визначається тими ж факторами, що й повітрообмін над земною поверхнею в цілому: швидкість вітру, розподілом температури в приземному шарі повітря. Найбільш ефективно кар'єр провітрюється при застосуванні енергії вітру (чим вище швидкість вітру – тим краще провітрювання). В цьому випадку в кар'єрі створюється вільний, або напівобмежений потік повітря, що виносить шкідливі речовини із кар'єру. Схема провітрювання кар'єру вільного потоку повітря називається рециркуляційною схемою, а схема провітрювання з напівобмеженим потоком повітря називається прямоточковою. При виникненні провітрювання кар'єру простору комбінуванням цих схем – виникає рециркуляційно - прямоточ-



### Практичне заняття № 13.

#### Термодинаміка атмосфери кар'єрів

**Джерела тепла.** Основними джерелами нагрівання повітря є його природне адіабатичне стискування вище розміщеними шарами повітря, інсоляція поверхні кар'єру, пожежі та інші окислювальні процеси, ендегенне тепло гірських порід. Повітря також може охолоджуватись холодними поверхнями кар'єру, сніговим покривом.

**Адіабатичне стискання повітря** викликають збільшення його температури приблизно на  $1^{\circ}\text{C}$  на кожні 100 м вертикальної висоти.

**Прямоточкова схема провітрювання** утворюється при швидкості вітру більше 0,8-1 м/с і куту укосу підвітряного борту кар'єру  $\alpha \leq 15^{\circ}$ .

**Рециркуляційна схема провітрювання** виникає при швидкості вітру більше 0,8-1 м/с і куту укосу підвітряного борту кар'єру більше  $15^{\circ}$ .

### Практичне заняття № 14.

#### Провітрювання кар'єру енергією термічних сил

Термічні сили мають помітний вплив на поверхню кар'єрів при швидкості вітру на його поверхні більше 2 м/с. При меншій швидкості в кар'єрі встановлюється конвективна або інверсійна схема провітрювання.

**При конвективній схемі провітрювання** - більш теплі шари повітря, що пролягають нижче, підіймаються уверх і виносять із собою шкідливі речовини, що містяться в них.

**При інверсійній схемі провітрювання** - рух охолоджених шарів повітря опускається донизу і заносить із собою шкідливі су-



міші в глибоку частину кар'єру.

**Конвективна схема провітрювання** виникає при прогрітих бортах кар'єру та малої енергії потоку вітру на поверхні ( $V \leq 0,7 - 0,8$  м/с).

**Інверсійна схема руху повітря** - виникає при охолодженні бортів кар'єру і малої енергії потоку вітру на поверхні при швидкості вітру не більше 0,7-0,8 м/с.

## Практичне заняття № 15.

### Комбіноване провітрювання кар'єрів

При швидкості вітру на поверхні від 2 до 5 м/с рух повітря в кар'єрі формується при сумісній дії енергії вітру і термічними силами. В глибоких кар'єрах спостерігається комбінація вітрової і термічної схем провітрювання.

Кількість повітря, що проходить через будь-який поперечний переріз кар'єру (з різними по висоті, рівній глибині кар'єру, а по ширині – 1 м) при сумісній дії вітру і термічних сил розраховується за формулою:

$$Q = 0,9 \cdot h_c \cdot V \cdot L \cdot n, \text{ м}^3 \quad (6.1)$$

$$h_c = H \cdot \left[ \frac{4,6}{(\alpha - 20)^2 + 20} + 0,046 \right], \text{ м} \quad (6.2)$$

де:

$V$  - швидкість вітру на земній поверхні, м/с;

$h_c$  - товщина вільного повітряного потоку над верхньою бровкою підвітряного борту кар'єру, м;

$L$  - довжина проекції підвітряного борту кар'єру на горизонтальну площину, м;

$\alpha$  - кут нахилу підвітряного борту кар'єру, градуси;

$H$  - глибина кар'єру, м;

$n$  - кореляційний коефіцієнт, що враховує термічні





## **Практичне заняття № 16.**

### **Штучна вентиляція кар'єрів**

Штучна вентиляція кар'єру необхідна у випадках, коли інтенсивність повітрообміну в кар'єрі виявляється недостатньою для підтримки нормального санітарно-гігієнічного стану атмосфери у місцях проведення робіт. Способи штучної вентиляції кар'єрів поділяються на: місцеву і загальнообмінну вентиляції.

**Місцева вентиляція** – використовується для очищення від забруднень порівняно невеликих об'ємів у середині кар'єрного простору і здійснюється вентиляційними установками невеликої потужності.

**Загальнообмінна вентиляція** – застосовується для очищення від забруднень або всього внутрішнього простору кар'єру, або значних його частин. При цьому використовуються обладнання, що створює потужні повітряні потоки, які розповсюджуються на сотні метрів, витрати повітря в яких складають тисячі кубічних метрів за секунду.

Технічні засоби, які застосовуються для вентиляції кар'єрів вільними повітряними потоками розподіляють на три види:

- I – установки на базі вентиляторів;
- II – установки на базі авіаційної техніки (турбогвинтові і турбореактивні авіаційні двигуни, що несуть гвинти гелікоптерів);
- III – теплові установки (використовується принцип конвективного руху підігрітих мас повітря).

## **Практичне заняття № 17.**

### **Види забруднень навколишнього середовища на кар'єрах**

1. Забруднення атмосфери при масовому вибуху на кар'єрі. При масі ВР, що дорівнює 1 т – висота викиду складає 100-150 м, його горизонтальний розмір (при відсутності вітру) 70-90 м, а раді-



ус захисної зони, де концентрація шкідливих речовин не перевищує ПДК – 1 км. Орієнтовно зовнішня границя радіусу захисної зони дорівнює  $\sqrt[3]{M}$ , де  $M$  – маса одночасно підірваної ВР.

2. Забруднення ґрунту пилом з відвалів.

Границя захисної зони складає 20 Н (де Н – висота відвалу, м) і не більше 1 км.

3. Забруднення води токсичними речовинами в дренажних водах.

Кратність розбавлення води, що скидаються в річки фоновими водами:

$$k = \frac{Q_p}{Q_{др}}, \quad (8.1)$$

де:  $Q_p$  і  $Q_{др}$  – середній об'єм води в річці і дренажної води, м<sup>3</sup>/с.

Якщо витрата води з річки 9 м<sup>3</sup>/с і дренажної води 0,04 м<sup>3</sup>/с, тоді кратність розмішування буде складатиме  $k = 225$ .

4. Шкідлива гідрохімічна дія хвостосховища на навколишнє середовище складас не більше 2-3 км.

### **Практичне заняття № 18.**

#### **Розрахунок інтенсивності пиловиділення в на кар'єрі**

Основні джерела пиловиділення наведені в табл. 2.



Таблиця 2

Основні джерела пиловиділення

Джерела пиловиділення	Кількість джерел (n)	Інтенсивність пиловиділення джерела (F, мг/с)	Коефіцієнт одночасності роботи джерел (P)	Коефіцієнт пиловиділення, (K <sub>e</sub> )	Пиловиділення (П, мг/с)
Забій екскаватора Э-2503	1	500	1,0	1,0	500
Забій скрепера ДЗ-20	1	400	1,0	1,0	400
Забій бульдозера Д-701; Д-521 А	2	250	0,6	1,0	300
Автосамоскиди під час руху по кар'єрних автошляхах без покриття КАМАЗ-5510	3	5000	0,2	0,6	1800
Буровий станок СБУ-100	1	1500	1,0	0,8	1200
Поверхня кар'єру і відвалів, включаючи укуси, га	250	25000	1,0	0,8	20000
Всього:					24200

Сумарна інтенсивність пиловиділення кар'єру, з урахуванням запиленості від зовнішніх джерел, пори року і неврахованих джерел складає:

$$P_K = K_{BH} \cdot K_H \cdot K_r \cdot \sum [(1 - K_{ef}) \cdot Fi \cdot Pi] , \quad (9.1)$$

$$P_K = 1 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 24200 = 26700, \text{ мг/с},$$

де:

$K_{BH}$  - коефіцієнт, що враховує запиленість від зовнішніх джерел;

$K_H$  - коефіцієнт неврахованих джерел пилу;

$K_r$  - коефіцієнт, що враховує пору року (для літа =1,0);

$K_{ef}$  - коефіцієнт ефективності застосованих речовин пилоподав-



лення;

$F_i$  - інтенсивність пилоподавлення  $i$ -м джерел;

$P_i$  - коефіцієнт, що враховує сумісну роботу декількох одно-типних джерел.

Під час вибухів свердловини зарядів сумарною потужністю 5 т, при  $q = 0,6 \text{ кг/м}^3$ , виникає залповий викид ( $\Pi_{\text{залп}}$ ):

$$\Pi_{\text{залп}} = \Pi_K + \Pi_{\text{взр}}, \text{ г/с}$$

$$\Pi_{\text{залп}} = \Pi_K + \frac{a_1 \cdot a_2 \cdot a_3 \cdot a_4 \cdot D \cdot 10^6}{t}, \text{ г/с}$$

$$\Pi_{\text{залп}} = 26,7 + \frac{4,5 \cdot 0,000002 \cdot 1,2 \cdot 0,5 \cdot 5000 \cdot 10^6}{10 \cdot 60}, \text{ г/с}$$

$$\Pi_{\text{залп}} = 476,7, \text{ г/с}$$

Схема руху повітря в кар'єрі приймаємо рециркуляційною. При розмірах кар'єру: довжина  $L_K = 600 \text{ м}$ , ширина  $B_K = 200 \text{ м}$ , глибина  $H = 30 \text{ м}$ . Швидкість руху повітря  $2 \text{ м/с}$ . Кількість повітря  $Q_K$ , що надходить у кар'єр складає:

$$Q_K = 0,077 \cdot X_{\text{ср}} \cdot U_B \cdot L_K \cdot B_K, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_K = 0,077 \cdot 150 \cdot 2 \cdot 600 \cdot 200, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_K = 2,77 \cdot 10^6, \text{ м}^3/\text{с}$$

де:

$X_{\text{ср}}$  - середня відстань від верхньої бровки підвітряного борту до забою, м;

$U_B$  - середнє значення швидкості вітру на поверхні, м/с.

Кількість повітря, природно провітрюваного кар'єру, складає:



$$Q_E = Q_K \cdot B_K, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_E = 2,77 \cdot 10^6 \cdot 200, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$Q_E = 5,54 \cdot 10^8, \text{ м}^3/\text{с}$$

Об'єм робочої зони кар'єру, що підлягає провітрюванню, дорівнює:

$$V_{pz} = \sum Ш_{pn} \cdot B_K \cdot H, \text{ м}^3$$

$$V_{pz} = 1,8 \cdot 10^6, \text{ м}^3$$

при цьому час провітрювання дорівнює:



$$T_{np} = \frac{1,8 \cdot 10^6}{2,77 \cdot 10^6}, \text{ с}$$

$$T_{np} = 0,65, \text{ с}$$

Кількість пилу за період провітрювання робочої зони складає:

$$\Pi_{pz} = \Pi_K \cdot T_{np}$$

$$\Pi_{pz} = 26700 \cdot 0,65$$

$$\Pi_{pz} = 17355, \text{ мг}$$

Рівень запиленості дорівнює:

$$Y = \frac{\Pi_{pz}}{V_{pz}} = \frac{17355}{1,8 \cdot 10^6} = 0,0096, \text{ мг/м}^3$$

$$Y = \frac{17355}{1,8 \cdot 10^6}, \text{ мг/м}^3$$



$$Y = 0,0096, \text{ мг/м}^3$$

### Практичне заняття № 19.

#### Розрахунок інтенсивності виділення газів і шкідливих компонентів в атмосферу на кар'єрах

Джерела і інтенсивність газовиділення від роботи дизельних двигунів кар'єрних машин наведені в табл. 3.

Таблиця 3.

Джерела і інтенсивність газовиділення в кар'єрах

Джерела виділення газів	Кількість джерел	Кількість виділених газів, м <sup>3</sup> /с	Коефіцієнт одночасності роботи	Інтенсивність газовиділення
Навантажувач	1	0,53	1,0	0,53
Бульдозер	2	0,33	0,6	0,396
Автосамоскиди	5	0,34	0,4	0,68
Всього:				1,606

Розрахунок шкідливих компонентів в робочій зоні кар'єру приведені в таблиці 4. Вміст шкідливих компонентів, які виділяються постійними джерелами, значно нижчих ніж ПДК. Отже спеціальних заходів по боротьбі із шкідливими газами можна не передбачувати.



Таблиця 4.

Вміст шкідливих компонентів в робочій зоні кар'єру

Компоненти	% вміст до об'єму викидів газу	Максимальна ін- тенсивність виді- лення компонен- тів, м <sup>3</sup> /с	Об'єм на час про- ектування кар'єру	Вміст в робочій зоні кар'єру, кг	% вміст в робочій зоні кар'єру
1	2	3	4	5	6
Оксиди азоту	0,0002-0,5	$6,54 \cdot 10^{-3}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-8}$	$1,28 \cdot 10^{-6}$
Оксид вуглецю	0,01-0,5	$6,54 \cdot 10^{-3}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-8}$	$1,28 \cdot 10^{-6}$
Вуглеводи	0,009-0,5	$6,54 \cdot 10^{-3}$	$4,9 \cdot 10^{-3}$	$1,28 \cdot 10^{-8}$	$1,28 \cdot 10^{-6}$
Альдегіди	0,001-0,009	$1,18 \cdot 10^{-4}$	$0,9 \cdot 10^{-4}$	$2,2 \cdot 10^{-10}$	$2,2 \cdot 10^{-8}$
Сажа	0,01-1,1	0,0144	0,01	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$2,8 \cdot 10^{-6}$

Практичне заняття № 20.

Розрахунки зони забруднення повітряного середовища

Розрахунок зони забруднення повітряного середовища виконується для постійних джерел забруднення.

1. Винесення пилу і газу термічними силами

$$R = 20 \cdot \psi \cdot h = 20 \cdot 1,05 \cdot 2 = 42, \text{ м}$$

де:

$\psi$  - температурний коефіцієнт, дорівнює 1,05;

$h$  - висота викидів пилу і газу, м.

2. Межа розсіювання пило газової хмари силою вітру після масового вибуху на кар'єру [5] складе більше 11 км.

Таким чином, в радіусі 42 м від джерела пилу і газів стається повне осідання пилу, але силою вітру після масового вибуху



хмара розсіюється на відстані 11 км.

## **Практичне заняття № 21.**

### **Заходи по захисту від шуму**

У кар'єрі, захищеними від шуму є робочі місця (кабіни гірничого обладнання) і пересувний вагончик. Джерелами шуму є гірниче обладнання – робота дизельних двигунів. Для забезпечення допустимого рівня шуму передбачено:

- звукоізоляція робочих місць і побутових приміщень;
- експлуатація обладнання в економному режимі;
- використання індивідуальних засобів захисту від шуму.



### **Література**

1. Порцевский А.К. Вентиляция шахт. Аэрология карьеров (аэрология горных предприятий): Учебное пособие – Москва: МГОУ, 2004. – 71с.
2. Рудничная вентиляция. Справочник под. редакцией К.З. Ушакова. – М.: Недра, 1988, – 440 с.
3. Правила безпеки у вугільних і сланцевих шахтах. – М.: Надра, 1986. – 399 с.
4. Руководство по проектированию вентиляции угольных шахт./К.: 1994, – 312 с.
5. Ушаков К.З., Михайлов В.А. Аэрология карьеров. – М.: Недра, 1985, – 39 с.
6. Ушаков К.З., Бурчаков А.С., Пучков Л.А., Медведев И.И. Аэрология горных предприятий. – М.: Недра, 1987, – 421 с.



## Індивідуальне завдання

№ зп	Площа перерізу виробки у світлі, м <sup>2</sup>	Потужність вугільних пачок шару, м	Довжина тупикової ви- робки, м	Абсолютне метановиді- лення, м <sup>3</sup> /год.	Максимальне метанови- ділення, м <sup>3</sup> /год.	Спосіб проведення ви- робки	Температура повітря, град.	Відносна вологість повітря, %	Концентрація метану, %	Тип вентиляційного трубопроводу	Діаметр трубопроводу, м.	Кількість ВР вугілля/порода, кг	Кількість робітників, чол.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	11,2	0,5	800	0,75/0,09	--	Комб.	21	70	0,03	ГН. 1А	0,8	--	8
2	9,8	0,75	900	--	0,1/0,12	БВР	22	80	0,04	ГН. 1А	0,8	5/21	10
3	12,1	1,0	1000	--	0,09/0,11	БВР	25	90	0,05	ГН. 1А	1,0	7/22	12
4	11,2	1,25	1100	0,09/0,1	--	Комб.	24	95	0,02	ГН. 1А	0,8	--	8
5	9,8	2,0	1200	0,07/0,08	--	Комб.	25	80	0,03	Комб.	0,8	--	8
6	11,2	1,25	700	--	0,11/0,13	БВР	21	85	0,04	ГН. 1А	1,0	12/18	11
7	9,8	2,0	1300	0,09/0,11	--	Комб.	25	90	0,01	Комб.	0,8	--	8
8	12,1	1,25	900	0,11/0,12	--	БВР	23	75	0,05	Комб.	0,8	--	8

## Продовження додатку А

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9	9,8	2,5	1000	--	0,11/0,12	БВР	24	80	0,04	ГН. 1А	1,0	18/10	11
10	11,2	2,25	1000	--	0,08/0,1	БВР	20	70	0,04	ГН. 1А	0,8	7/21	10
11	9,8	2,0	1200	0,07/0,08	--	Комб.	23	80	0,03	Комб.	0,8	--	8
12	12,1	1,75	1300	--	0,09/0,11	БВР	25	90	0,05	ГН. 1А	1,0	7/22	12
13	11,2	1,5	1400	0,09/0,1	--	Комб.	23	80	0,04	Комб.	0,8	--	8
14	9,8	1,25	1500	--	0,1/0,12	БВР	21	85	0,03	ГН. 1А	1,0	6/9	10
15	11,2	1,0	1600	0,08/0,1	--	Комб.	25	90	0,04	ГН. 1А	0,8	--	11
16	9,8	0,75	1700	--	0,11/0,12	БВР	23	75	0,01	ГН. 1А	0,8	4/21	10
17	12,1	0,5	1100	--	0,08/0,09	БВР	22	80	0,04	ГН. 1А	1,0	3/26	12
18	9,8	0,75	1000	0,9/0,11	--	Комб.	25	90	0,05	Комб.	0,8	--	8
19	11,2	1,0	900	--	0,1/0,12	БВР	25	90	0,01	ГН. 1А	0,8	5/23	10
20	9,8	1,25	800	0,07/0,08	--	Комб.	24	90	0,05	Комб.	0,8	--	8
21	12,1	1,5	700	--	0,11/0,13	БВР	25	85	0,04	ГН. 1А	1,0	7/24	12
22	11,2	1,75	600	0,1/0,12	--	Комб.	22	80	0,05	ГН. 1А	0,8	--	8
23	9,8	1,0	500	--	0,09/0,11	БВР	23	70	0,04	ГН. 1А	1,0	9/19	10
24	11,2	2,25	400	--	0,11/0,12	БВР	24	90	0,03	ГН. 1А	0,8	12/14	11
25	9,8	2,5	300	0,08/0,1	--	Комб.	25	95	0,05	ГН. 1А	0,8	--	7