

Міністерство освіти і науки України  
Національний технічний університет  
«Дніпровська політехніка»  
Механіко-машинобудівний факультет  
Кафедра гірничої механіки

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра  
студента Столицького Станіслава Михайловича

академічної групи 184-17ск-1 ММФ  
(шифр)

спеціальності 184 Гірництво  
(код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»  
(офіційна назва)

на тему Проект установки для кондиціонування повітря в умовах шахти «Торецька» ДП «Торецьквугілля»  
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи	Оксень Ю.І.			
розділів:				
Гірничо-геологічний	Оксень Ю.І.			
Технологічний	Оксень Ю.І.			
Охорона праці	Лутс І.О.			
Рецензент	Заболотний К.С.			
Нормоконтролер	Діжевський Б.К.			

Дніпро  
2020

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

завідувач кафедри гірничої механіки

\_\_\_\_\_

(підпис)

Самуся В.І.  
(прізвище, ініціали)

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2020 року

**ЗАВДАННЯ**  
**на кваліфікаційну роботу**  
**ступеню \_\_\_\_\_**  
 (бакалавра, магістра)

студенту Столицькому Станіславу Михайловичу  
 (прізвище та ініціали)

академічної групи 184-17ск-1 ММФ  
 (шифр)

спеціальності 184 Гірництво

за освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств»

на тему Проект установки для кондиціонування повітря в умовах шахти «Торецька» ДП «Торецьквугілля»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 07.05.2020  
№ 256-с

Розділ	Зміст	Термін виконання
Гірничо-геологічний	Гірничо-геологічна характеристика шахти	10.05.2020
Технологічний	Розрахунки параметрів установки для кондиціонування повітря	01.06.2020
Охорона праці	Аналіз потенційних шкідливих та небезпечних факторів. Засоби безпеки	15.06.2020

Завдання видано \_\_\_\_\_

(підпис керівника)

Оксень Ю.І.

(прізвище, ініціали)

Дата видачі 04.05.2020Дата подання до екзаменаційної комісії 15.06.2020

Прийнято до виконання \_\_\_\_\_

(підпис студента)

Столицький С.М.

(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 59 с., 2 рис., 15 табл., 6 джерел.

### ВУГІЛЬНА ШАХТА, КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ, ОПТИМІЗАЦІЯ, ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧ, ТРУБОПРОВІДНА МЕРЕЖА

Об'єкт розроблення – установка для кондиціонування повітря шахти «Торецька» ДП «Торецьквугілля».

Мета роботи – поліпшення температурних умов праці шахтарів в очисних та підготовчих забоях шахти.

Результати та їх новизна – розроблено проєкт установки для кондиціонування повітря в очисних та підготовчих забоях горизонту 810 м шахти «Торецька» ДП «Торецьквугілля», реалізація якого забезпечить зниження температури повітря на виробничих ділянках до допустимих за Правилами безпеки 26 °С. В проєкті прийнята схема з централізованим виробленням холоду в підземній станції холодильних машин і передачею його в вентиляційний струмінь на виробничих ділянках за допомогою повітроохолоджувачів. Проєктні параметри установки визначено за методикою, що передбачає оптимізацію за мінімумом приведених витрат на спорудження і експлуатацію установки.

Порівняння з результатами розрахунку за інженерною методикою показало, що оптимізація забезпечила економію як капітальних, так і експлуатаційних витрат по установці. За рахунок оптимізації вибору повітроохолоджувачів і діаметрів ділянок трубопровідної мережі досягнуто майже чотирикратне зниження витрат електричної енергії на циркуляцію холодоносія.

Взаємозв'язок з іншими роботами – продовження інноваційної діяльності кафедри гірничої механіки Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» в сфері створення та впровадження енергоефективних технологій.

Сфера застосування розробки – нормалізація температурних умов праці шахтарів в глибоких вугільних та рудних шахтах.

Практична значимість кваліфікаційної роботи – підвищення енергетичної, та економічної ефективності систем кондиціонування повітря шахт, поліпшення здоров'я шахтарів.

<b>ЗМІСТ</b>	<b>Стор.</b>
Вступ .....	6
1 Технологічний розділ .....	7
1.1 Загальна характеристика шахти .....	7
1.2 Геологічна характеристика шахтного поля .....	9
1.3 Характеристика пластів, що розробляються .....	12
1.4 Режим роботи шахти .....	15
1.5 Очисні роботи .....	15
1.6 Підготовчі роботи .....	18
1.7 Розкриття і підготовка шахтного поля .....	21
1.8 Система розробки .....	22
1.9 Багатоводність і водовідлив .....	23
1.10 Вентиляція і пиловий режим .....	24
1.11 Шахтний транспорт і підйом .....	25
1.12 Енергопостачання шахти .....	27
1.13 Температурні умови . .....	27
1.14 Висновки .....	27
2 Технологічний розділ. Проєкт установки для кондиціонування повітря шахти .....	28
2.1 Вибір схемного рішення установки для кондиціонування повітря ...	28
2.2 Методика розрахунку проєктних параметрів установки для кондиціонування повітря .....	28
2.3 Початкові дані .....	30
2.4 Результати розрахунку оптимальних проєктних параметрів підсистеми ПО-ПМРХ .....	32
2.5 Розрахунок технічно допустимого варіанту підсистеми ПО-ПМРХ	34
2.5.1 Постановка завдання і початкові дані .....	34

2.5.2 Розрахунок потрібної холодильної потужності пунктів охолодження повітря та вибір повітроохолоджувачів .....	35
2.5.3 Розрахунок потрібної витрати охолоджуючої води в пунктах охолодження повітря .....	38
2.5.4 Розрахунок трубопровідної мережі .....	40
2.6 Узагальнення результатів розрахунків підсистеми ПО-ПМРХ за інженерною і оптимізаційною методиками .....	48
2.7 Вибір холодильних машин .....	49
2.8 Висновки .....	50
3 Охорона праці та промислова безпека .....	52
3.1 Небезпеки, обумовлені застосуванням шахтних систем кондиціонування повітря .....	52
3.1.1 Небезпека ураження холодильним агентом .....	52
3.1.2 Небезпека ураження шкідливими речовинами .....	52
3.1.3 Небезпека простудних і професійних захворювань .....	53
3.1.4 Небезпека впливу шуму .....	53
3.2 Організаційні заходи з охорони праці при експлуатації шахтних установок кондиціонування повітря .....	53
Висновки .....	57
Перелік посилань .....	58
Додаток А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи .....	59

## ВСТУП

Шахта «Торецька» ДП «Торецьквугілля» здійснює підземний видобуток вугілля. У даний час очисні і підготовчі роботи ведуться на горизонті 810 м і проводиться підготовка нового горизонту 910 м. По добичі вугілля працює чотири виробничих ділянки. Робота шахтарів ускладнена високою температурою повітря у виробках, яка доходить до 30...32 °С, що більше максимально допустимої за Правилами безпеки 26 °С.

Важкі температурні умови не тільки знижують продуктивність праці, але й призводять до погіршення здоров'я, травматизму робітників, і навіть до смертельних випадків. За роботу у ненормалізованих температурних умовах шахта виплачує робітникам грошову компенсацію, яка, звісно, неспроможна усунути негативний вплив високих температур оточуючого середовища на здоров'я людини.

Тому метою даної кваліфікаційної роботи є розробка проєкту установки для кондиціонування повітря в очисних і підготовчих виробках шахти «Торецька».

# 1 ГІРНИЧО-ГЕОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

## 1.1 Загальна характеристика шахти

ОП «Шахта «Торецька» розташована в Центральному геолого-промисловому районі Донецького басейну. У геолого-структурному відношенні поле шахти розташоване на північному крилі головної антикліналі Донбасу поблизу західного її замикання. Поле шахти «Торецька» межує по простяганню: на сході - з шахтою «Північна», на заході - з шахтою імені Святої Матрони Московської.

Прийнятими технічними межами шахти є:

на півночі (за падінням) - ізогіпса мінус 910 м;

на півдні - (за підняттям) - вихід пластів на поверхню карбону;

на заході - Алмазний і Єлецький скиди;

на сході - Диліївський насув.

У зазначених межах розміри шахтного поля складають:

по простяганню - на півдні 3,2 км, на півночі 4,7 км;

по падінню - 1,5 км.

Найближчі населені пункти: м. Горлівка і м. Торецьк. Найближча залізнична магістраль Костянтинівка - Ясинувата проходить в 2 км від шахтних відвалів на північному сході.

Постачання електроенергії здійснюється від Миронівської ДРЕС і ряду районних станцій, об'єднаних в енергокільце через Єнакіївську центральну станцію «Донбасенерго».

Водопостачання для питних цілей здійснюється за рахунок водопровідної мережі м. Часів Яр.

Вугілля, що видобуваються шахтою, використовуються для коксування.

В даному районі є ряд кар'єрів будівельних матеріалів (аргілітів, керамічних глин, гіпсу та пісковиків).

Поверхня даної площі являє собою слабкохвилясту степову рівнинну місцевість, розчленовану системою балок і ярів, що відносяться до басейну річки Кривий Торець. Максимальна відмітка поверхні +222 м приурочена до сходу шахтного поля, мінімальна +122 м – до північного заходу.

Рік здачі в експлуатацію	1935
Рік останньої реконструкції	1952
Проектна потужність шахти, тис. т/рік	200
Виробнича потужність, тис. т/рік	130
Тип шахти (вертикальна, похила)	– вертикальна
Глибина (довжина) стволів і їх назва	ствол №1 = 1 043 м
	ствол №2 = 916 м
	ствол №3 = 1 023 м
Кут падіння пластів, градусів	від 18 до 45
Середньодинамічна потужність розроблюваних пластів	1,13
Середня об'ємна вага вугілля, т/м <sup>3</sup>	1,56
Відмітка нижньої технічної кордону, м	910,0
Рік вибуття шахти за промзапасами	2126
Рік вибуття шахти з урахуванням прирізки	2233
Категорія шахти	
- за газом	– надкатегорійна
- за вибуховістю вугільного пилу	– вибухонебезпечна
- за викидами	– загрозна
- за гірськими ударами	– безпечна
- за самозапалюванням – пласт $l_2^1$ схильний до самозапалювання, інші ні	
- за гідрогеологічними умовами відпрацювання	– відносно сприятливі.



## 1.2 Геологічна характеристика шахтного поля

ВП «Шахта «Торецька» розташована в Центральному геолого-промисловому районі Донецького басейну. В геолого-структурному відношенні поле шахти розташоване на північному крилі головної антикліналі Донбасу поблизу західного її замикання. Поле шахти «Торецька» межує по простяганню: на сході - з шахтою «Північна», на заході - з шахтою імені Святої Матрони Московської.

Прийнятими технічними межами шахти є:

на півночі (за падінням) - ізогіпса мінус 910 м;

на півдні - (за підняттям) - вихід пластів на поверхню карбону;

на заході - Алмазний і Єлецький скиди;

на сході - Диліївський насув.

В геологічній будові шахтного поля беруть участь відкладення свит  $C_2^5$  Каменська,  $C_2^6$  Алмазна і  $C_2^7$  Горлівська середнього відділу карбону і частково  $C_3^1$  Ісаївська верхнього відділу карбону.

Коротка характеристика вугленості пластів приведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Коротка характеристика вугленості пластів

Синоніміка пласта	Будова	Потужність пласта (від-до), м		Ступінь витриманості
		загальна	корисна	
$m_6^{1-H}$	проста	0,47-0,58	0,47-0,58	невитриманий
$m_3$	проста і складна	0,55-0,87	0,55-0,89	відносно витриманий
$l_8^0$	проста	0,50-0,69	0,50-0,69	невитриманий
$l_7^B$	проста	0,75-1,01	0,75-1,01	витриманий
$l_6$	складна, зрідка проста	0,51-0,68	0,43-0,62	витриманий
$l_5$	проста	0,66-0,83	0,66-0,83	витриманий
$l_4^B$	проста	0,65-0,86	0,65-0,86	витриманий
$l_3$	складна	1,22-1,46	0,99-1,28	витриманий
$l_2^1$	проста	0,95-1,17	0,95-1,17	витриманий
$l_2$	проста	0,46-0,54	0,46-0,54	витриманий

Продовження табл. 1.1

Синоніміка пласта	Будова	Потужність пласта (від-до), м		Ступінь витриманості
		загальна	корисна	
$k_8$	проста	0,85-1,02	0,85-1,02	витриманий
$k_7$	проста і складна	0,63-0,83	0,63-0,83	невитриманий
$k_5^1$	складна	0,62-1,01	0,55-0,89	відносно витриманий
$k_5$	проста і складна	0,52-0,80	0,52-0,80	відносно витриманий

Літологічно кам'яновугільні відкладення представлені типовим для Донбасу чергуванням різних за потужністю шарів пісковика, алевролітів, аргілітів, і малопотужних прошарків вапняків, вугілля і вуглистих сланців. У розрізі продуктивних свит спостерігається наявність потужних шарів різнозернистих міцних пісковиків, які часто залягають на розмитій земній поверхні. Відкладення карбону майже повсюдно перекриті молодими утвореннями четвертинного віку (0 - 15 м), складеними різними генетичними типами порід і ґрунтовим шаром, сірувато-коричневими важкими лесовидними глинами і суглинками, що переходять в ґрунтово-рослинний шар. В районі стволів потужність наносів становить 5 м.

Пісковики в основному складаються з зерен кварцу різної обкатаності, лусочок мусковіту, хлориду і карбонатів. Цемент пісковиків глинистий, кременистий, рідше вапняний.

Піщані сланці - тонкошаруваті щільні породи сірого, темно-сірого кольору, що складаються з кварцу, польового шпату, мусковіту, серициту і кальциту. Серицит часто розвивається по площинах нашарування, утворюючи рясні скупчення. Цемент сланців - глинистий, вапняний.

Глинисті сланці - тонкошаруваті, рідше - масивні породи темно-сірого до чорного кольору, з характерною сланцюватою структурою, макроскопічно

зазвичай однорідного складу. Мінералогічний склад глинистих сланців: серицит, каолінит, хлорит, мусковіт, кварц, цемент глинистий.

Вапняки карбону представлені малопотужними прошарками від декількох сантиметрів до 2 - 3,5 м, що залягають зазвичай в товщах пісковиків або глинистих сланців.

Кам'яне вугілля зустрічаються у вигляді пластів потужністю до 1,6 м або прошарку 0,10-0,45 м чорного кольору, напівблискучі, матові, пухкі, рідше - міцні.

Вуглисті сланці зазвичай залягають в підосві або покрівлі вугільних пластів у вигляді малопотужних прошарків, які представляють собою тонке перешарування вуглистої та глинистої речовини. Іноді бувають самостійними прошарками.

Тектонічна будова шахтного поля досить складна. У південній частині площі розташована Ворошилівська брахісинкліналь. Виходи пластів свити  $C_2^5$  Каменська, крім пласта  $k_8$  "Кам'янка", в районі Ворошилівської брахісинкліналі зрізаються Осьовим насувом. Крім плікативних структур інтенсивний розвиток в межах шахтного поля отримали диз'юнктиви насувного і скидного характеру, що супроводжуються великою кількістю малоамплітудних порушень. Більшість диз'юнктивних порушень - малоамплітудні, круті. В основному це тектонічні зони з серією дрібних рухів зсувного і насувного характеру. Протягання порід прямолінійне, за азимутом  $305 - 310^\circ$  на південному сході і до  $285 - 290^\circ$  на північному заході.

До найбільших порушень відносяться: Осьовий, Пологий, Алмазний, Диліївський насиви; Фоміхінський, Карабанський I, II, III, IV, V, VI, VII скиди і II, III, IV, V насиви з амплітудами зміщення від 2 м до 350 м.

Гірничо-геологічні умови відпрацювання вугільних пластів складні. Факторами, які ускладнюють ведення гірничих робіт, є нестійкість бокових порід, наявність «несправжньої» покрівлі, тектонічно порушені зони і «сповзання» підосви.

Гідрогеологічні умови відпрацювання вугільних пластів відносно сприятливі. Основними джерелами обводнення є води кам'яновугільних відкладень, приурочені до зони утрудненого водообміну.

Поверхня метанової зони розташована на глибині 400 - 600 м. Переважаючі значення газоносності на глибинах понад 800 м складають 12 - 14 м<sup>3</sup>/т.с.б.м.

### 1.3 Характеристика пластів, що розробляються

Відпрацьований блок пласта  $l_7^B$  «Пугачівка-захід» гор. 810 м обмежується геологічними порушеннями: на сході зоною непідрахування і Фоміхінським скидом з  $H = 15 \dots 4,5$  м, на заході зоною непідрахування і неперехідним розривним геологічним порушенням з  $H = 2,0$  м.

Пласт  $l_7^B$  захід витриманий, похилого залягання, де існує загроза за раптовими викидами газу, не є небезпечним за гірськими ударами і обваленням вугілля, не схильний до самозапалювання.

Кут падіння становить  $26 \dots 32^\circ$ .

Корисна потужність пласта -  $0,77 \dots 0,82$  м

Геологічна потужність -  $0,79 \dots 0,84$  м

Виймальна потужність -  $0,95 \dots 1,07$  м

Природна газоносність пласта -  $17,5$  м<sup>3</sup>/т с.б.м.

Відносна газовість -  $16,23$  м<sup>3</sup>/т д.д.

Пил: вугільна - вибухонебезпечна, породна - силікоzoneбезпечна

Вугільний пласт має складну будову і складається з наступних пачок: верхня - вугілля напівблискуче, середньої міцності, тріщинувате, шарувате, контакти чіткі зі слабким зв'язком,  $m = 0,24 \dots 0,29$  м; нижче - прошарок сланцю вуглистою слабкого, перем'ятий, тонковідшарований  $m = 0,01 \dots 0,04$  м; нижня пачка - вугілля напівблискуче, середньої міцності, тріщинувате, шарувате, контакти чіткі зі слабким зв'язком,  $m = 0,49 \dots 0,56$  м. Коефіцієнт міцності  $f = 1,4$ . Кліваж вугілля  $190^\circ \perp 80^\circ$ .

Покрівля пласта - «несправжня», представлена сланцем глинистим тонкошаруватим зі слабким зв'язком шарів, обвалюється при виїмці вугілля,  $m = 0,15 \dots 0,28$  м. Клас за стійкістю -  $B_1$  - вельми нестійкі породи. Коефіцієнт міцності  $f < 3$ ,  $SiO_2 = 10 \dots 20$  %.

Безпосередня покрівля - сланець глинистий тріщинуватий, шаруватий, зв'язок шарів середній, місцями слабкий, від середньої стійкості  $B_4$  до нестійкого  $B_2$  (через слабкий контакт з піщаником основної покрівлі),  $m = 0,80 \dots 4,0$  м. Коефіцієнт міцності  $f = 4$ .  $SiO_2 = 10 \dots 20$ %. Кліваж покрівлі  $210^\circ \perp 60^\circ$ .

Основна покрівля за літологічним складом - невитримана і представлена сланцем піщаним (по гор. 810 м) і піщаником (по гор. 710 м). Сланець піщаний тріщинуватий, шаруватий, слабкослюдистий, середньої міцності, середньої обвалюваності -  $A_2$ ,  $m = 5,0 \dots 5,60$  м. Коефіцієнт міцності  $f = 6$ . Пісковик дрібнозернистий, кварцовий, міцний, дуже труднообвалюваний -  $A_4$ ,  $m = 4,0 \dots 6,0$  м. Коефіцієнт міцності  $f = 9 \dots 10$ .

Підощва безпосередня - сланець глинистий грудкуватої текстури, середньої міцності,  $m = 0,60 \dots 1,70$  м. Коефіцієнт міцності  $f = 4$ . Місцями безпосередньо у пласта залягає піщаник основної підощви.

Основна підощва - піщаник кварцевополевошпатовий, дрібнозернистий, міцний, стійкий -  $P_3$ ,  $m = 50$  м. Коефіцієнт міцності  $f = 10$ . Кліваж підощви  $200^\circ \perp 75^\circ$ .  $SiO_2 = 40 \dots 80$ %.

Геологічні порушення: в блоці будуть переходитися скиди в покрівлю  $H = 2,0$  м і  $H = 2,0$  м і в підощву  $H = 1,3$  м;  $H = 0,3$  м;  $H = 0,4$  м;  $H = 2,0$  м;  $H = 2,0$  м;  $H = 1,6$  м;  $H = 1,5$  м;  $H = 0,4$  м і  $H = 1,0$  м.

Гідрогеологія пласта: можливо обводнення в вигляді капіжу і струменів по тріщинах з вищого пісковика і в зонах геологічних порушень.

Дані про запаси і характеристика вугільного пласта  $l_7^B$  наведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Запаси і характеристика вугільного пласта  $l_7^B$ 

Вугільний пласт	$l_7^B$
Балансові запаси А, тис. т.	-
В	-
А+В	-
С <sub>1</sub>	2120
А+В+С <sub>1</sub>	2120
Співвідношення, %	100
С <sub>2</sub>	252
в т. ч. на діючих горизонтах А+В	-
А+В+С <sub>1</sub> 810 м	218
Глибина розробки, м	810
на горизонтах, що будуються, А+В	-
А+В+С <sub>1</sub> 910 м	743
Промислові запаси, всього тис. т.	1647
в т. ч. на діючому горизонті 810 м	164
на горизонті, що будується, 910 м	578
Забалансові запаси	-
Процент участі в добичі	0
Марка вугілля	Ж
Потужність пласта, м:	
геологічна, від - до	0,80-0,90
середня	0,85
корисна, від - до	0,80-0,90
середня	0,83
виймальна, від - до	0,99-1,09
середня	1,05
Зольність пласта, %:	
пластово-промислова, від - до	13,8-14,5
середня	14,3
чистих вугільних пачок, від - до	13,8-14,1
середня	14,0
експлуатаційна, від - до	42,0-48,2
середня	44,5
Вміст сірки, %	2,0
Середня об'ємна вага вугілля	1,28
Придатність для коксування	кокс
Самозапалюваність	несхильний
Викидонебезпечність	загрозливий
Природна газоносність	17,5
Ударонебезпечність	безпечний
Кут падіння, град.	19-44
Температура гірських порід, відмітка/градус	-613,2 / 36 °С
Запаси газу, млн. м <sup>3</sup> кат. С <sub>1</sub> +С <sub>2</sub>	41,1
Запаси підземних вод, тис. м <sup>3</sup>	-
Запаси германію, т кат. С <sub>1</sub> +С <sub>2</sub>	5,5

## 1.4 Режим роботи шахти

На шахті «Торецька» прийнятий наступний режим роботи видобувних і підготовчих забоїв: чотири зміни по 6 годин на добу, з яких три - видобувні або з проведення кріплення гірничих виробок і одна ремонтно-підготовча. Режим роботи підземного транспорту - три зміни.

Тривалість зміни для робочих на поверхні - 8 годин.

Режим роботи трудящих - п'ятиденний робочий тиждень.

## 1.5 Очисні роботи

Виїмкові блоки невеликої довжини - до 400 м через неперехідні геологічні порушення. Комбайновий спосіб відбою вугілля застосувати недоцільно з причин великої віддаленості ділянки від стволів, малої пропускної здатності підземного транспорту (локомотивна відкочування вантажів з шириною колії 600 мм), невеликої довжини виїмкового поля по простяганню, невеликої виробничої потужності шахти.

Стругову вибійку вугілля також застосувати не можна, оскільки покрівля пласта  $l_7^B$  «Пугачівка»-захід, горизонт 810 м, Б<sub>1</sub>, - дуже хитка, межами блоків є неперехідні геологічні порушення і також можлива зустріч непрогнозованих геологічних порушень.

Тому для виїмки вугілля застосовуються відбійні молотки. Для кріплення привибійного простору застосовується індивідуальне привибійне кріплення і спеціальне кріплення ОКУ-04.

Технологічна характеристика посадкової стойки ОКУ-04:

Висота стойки, мм:		max - 1315
		min - 700
Робочий опір, кН	-	1500
Мах розсувність, мм	-	615

в т. ч. основним гвинтом	-	425
конфігураційним гвинтом	-	190
Маса стойки, кг	-	218
Діаметр плити насадки, мм	-	425.

Система розробки видобувної ділянки - заходками за підняттям.

Підготовка ділянки:

по вентиляційному горизонту - на пластовий вентиляційний штрек, що проводиться, і на задній квершлаг;

по відкаточному горизонту - на пройдений пластовий відкаточний штрек, спочатку на передній промквершлаг, а потім на задній промквершлаг.

Розміри дільничного поля:

за падінням - 200 м;

за простяганням - 320 м, 320 м і 900 м.

Довжина лави:

загальна - 200 м;

очисна - 184 м.

Система розробки - суцільна.

Спосіб управління покрівлею - повне обвалення на тумби ОКУ-04.

Форма забою - заходками за підняттям.

Порядок виїмки вугілля в уступах - від низу до верху.

Спосіб виїмки вугілля - відбійні молотки.

Кількість заходок - 5.

Довжина заходок - 36 м.

Над відкаточним штреком проводиться нижній просік довжиною 4 м.

Промислові запаси вугілля - 638 тис. т.

Мінімальні випередження:

забою вентиляційного штреку щодо верхньої заходки - 5 м;

забою нижньої просіка щодо 1-й заходки, - 8 м;



забою відкаточного штреку щодо 1-ї заходки, м - 50 м.

Продуктивність пласта - 1,57 т/м<sup>2</sup>.

Кількість циклів з видобутку вугілля на добу - 1.

Планове посування в місяць - 11 м.

Спеціальне кріплення ОКУ-04 є основним засобом управління рухом породного масиву, що зазнає впливу очисних робіт. Відставання стоек ОКУ-04 від забою не більше 3,5 м. Тумби встановлюють уздовж забою в одну лінію через 2,0 м по падінню (між центрами). З огляду на значну довжину очисного забою, передбачається поділ лави на два прольоти шляхом установки в середній частині лави розділового полку, що складається з двох рядів посиленних трьохелементних кострів з шпального бруса, що встановлюються через 2,0 м за простяганням і через 3,0 м за падінням пласта (по центрах).

Кріплення виробленого простору лави на всій її довжині приймається: в якості опорних елементів привибійного кріплення - дерев'яні стойки переважно з хвойних порід деревини.

При розробці пласта виробничий цикл ділянки складається з таких основних і допоміжних процесів:

- виїмка вугілля;
- кріплення очисного простору;
- управління гірським тиском;
- підготовка забійного обладнання до роботи;
- профілактичний огляд і ремонт;
- доставка кріпильних матеріалів;
- виїмка вугілля в нижньому просіці, печах і бутових виробках.

## 1.6 Підготовчі роботи

На шахті «Горецька» відкаточні штреки прийнято проводити по пласту вугілля, так як блоки мають невелику довжину. Підготовчий забій проводиться буро-підривним способом. Проведення відкаточного штреку включає в себе відбій, навантаження, транспортування гірської маси, зведення кріплення, вентиляції, нарощування транспортних пристроїв і комунікацій, які забезпечують посування підготовчого забою. Проведення штреку здійснюється вузьким забоєм з роздільною виїмкою вугілля і породи.

Технологія проведення штреку включає в себе наступні процеси: буро-підривні роботи, провітрювання і приведення забою в безпечний стан, навантаження породи, транспортування гірської маси, зведення тимчасового і постійного кріплення, а також допоміжні роботи.

До основних процесів відносяться: прибирання породи і вантаження її в вагони, кріплення призабойного простору, буріння шпурів.

Допоміжними процесами є: зведення тимчасового кріплення, доставка кріпильних матеріалів, рейок і інших матеріалів, укладання рейкових шляхів, навішування вентиляційних труб, труб стиснутого повітря, пристрій розминовок (тимчасових), пробивання канавки (при необхідності). Обмін вагонеток в підготовчих виробках проводиться вручну. При транспортуванні порожніх і навантажених вагонів знаходження людей в районі роз'їзду заборонено, а також заборонений проїзд породонавантажувальної машини в районі розминовки при наявності на ній порожняка.

Прибирання породи проводиться породонавантажувальною машиною типу НК-1 або ППН-1С, з навантаженням її в вагони місткістю 1,3 м<sup>3</sup>, з доставкою вручну на тимчасову прохідницьку розминувку (або під люки) і далі при формуванні потягу (вугілля, порода) електровозом на ствол. Роботи з прибирання породи здійснюються під прикриттям кілкового кріплення, що складається з розпилів, пробитих по склепінню виробки з відстанню від 0,3 м до

суцільної, в залежності від стану порід. Порода забирається прохідником, тільки стоячи на підніжці породонавантажувальної машини. При цьому інших робочих в зоні дії машини не повинно бути. При необхідності очищення кутків забою від породи її в ручну лопатами підкидають до центру штреку при непрацюючій машині.

Кріплення забою штреку здійснюється після збирання породи по всьому його перетину. Як кріплення прийняте рамне триланкове кріплення типу КМП-А3 з спец. профілю СВП-27 з несучою здатністю 240 кН.

Установка кріплення проводиться вручну в такій послідовності: з боків виробки розправляються лунки. Після оброблення лунок в них поміщають опорні частини стоек, які з'єднують з раніше встановленою рамою стяжками. Потім встановлюють верхняк, злегка підтягують гайки замків, ставлять стяжки верхняка, розпірки і перевіряють правильність установки рами по високу. Проводять остаточну стяжку замків гайковим ключем з рукояткою завдовжки не менше 45 см. Раму розклинають і укладають на неї зтяжки розміром: 1,1×0,04×0,14 м. По закінченню установки рам закріплений простір заповнюють (забучують) порожньою породою.

Замок аркового кріплення являє собою з'єднання верхняка і стойки внапуск на довжину до 0,4 м з затисненням їх в інтервалі 0,2 м двома хомутами, планками і гайками. Верхняк укладають так, щоб зовнішня поверхня його жолоби входила у внутрішню поверхню жолоба стойки. Рами встановлюють в площині, перпендикулярній до підосви виробки, і утримують їх в цьому положенні між рамними стяжками і розпірками. Для додання стійкості раму зміцнюють клинами. Піддатливість кріплення забезпечується переміщенням верхняка щодо стоек в замках кріплення. Опір кріплення регулюють шляхом затягування хомутів.

Виймка вугілля в штреку виробляється відбійними молотками зверху-вниз, починаючи з кутка штреку, на ширину 4,0 м (похила довжина пласта в штреку

3,5 м і 0,5 м - над рамами кріплення). Випередження виїмки вугілля відносно пробурених шпурів повинно бути 0,5 м.

Виїмка вугілля виробляється заходками по 0,3 м на висоту, що перевищує на 0,5 м вище рам кріплення штреку. Під масив вугілля, що нависає, пробивається однорядне органне кріплення щільністю 5 стійок/п.м. Під прикриттям органного кріплення здійснюється подальша виїмка вугілля по 0,3 м на проектну глибину і на довжину 2,0 м. Проводиться кріплення виїманої смужки вугілля: під обапіл розміром  $2 \times 0,14 \times 0,025$  м, по покрівлі і підшві пласта підбиваються три стійки, по покрівлі заводяться три затяжки розміром  $1 \times 0,15 \times 0,015$  м.

Потім, виїмка в такій же послідовності триває до підшви штреку з подальшим кріпленням вугільного забою комплектом кріплення, аналогічним верхній заходці.

Проведення штреку здійснюється буро-підривним способом. Кількість шпурів, їх довжина, величина заряду визначаються паспортом буро-підривних робіт, один примірник якого знаходиться на відкаточному штреку на відстані 30-40 м від забою.

Буріння шпурів проводиться ручними перфораторами ПП-54ВБ з промивкою, обертально-ударним способом. Шпури буряться діаметром 42 - 46 мм. За буровий інструмент використовуються бури, що мають шестигранну форму поперечного перерізу і долотчасті (для будь-яких порід) та хрестові (для тріщинуватих порід) коронки. Для полегшення праці при бурінні перфораторами застосовуються пневмопідтримки.

Укладання рейкового шляху виробляється з ухилом в бік ствола не більше 0,005%, рейками типу Р-24 шириною колії 600 мм. Перед укладанням рейок поперек штреку через кожні 0,7 м робляться канавки в які вкладаються дерев'яні шпали розміром  $1,2 \times 0,14 \times 0,14$  м, при цьому 1/3 частина шпали повинна заглиблюватися в канавку. Рейки укладаються на шпали на підкладках і пришиваються з двох сторін милицями (по 3 милиці з кожного боку). Між собою

рейки скріплюються планками (по 2 планки з двох сторін на стик) і болтами. Укладання рейок проводиться строго за шаблоном, а ухил задається по рівню. Водовідливна канавка (при необхідності) проходиться з однієї зі сторін виробки (переважно з вантажної) вручну розміром 350 мм по верху, 250 мм внизу і глибиною 250 мм. Після проходження канавки вона повинна перекриватися обома сторонами від попадання в неї породи.

### **1.7 Розкриття і підготовка шахтного поля**

Шахта «Горецька» розкрита 3 вертикальними стволами:

- клітьовий ствол №1 - вантажно-людський, повітроподавальний, круглого перетину, копровий, бетонний, тип підйомної машини ЦР1×6,3×4,95/1,4 МПМН6,3-2/4, служить для спуску і підйому людей, видачі породи, спуску матеріалів і устаткування, круглого перетину діаметром у просвіті 6,5 м, глибиною 1042 м;

- скіповий ствол №2 круглого перетину, копровий, бетонний, тип підйомної машини ЦР 2×6,3×2,4 Д. служить для видачі вугілля і виведення вихідного струменя повітря, круглого перетину, діаметром 6,0 м, глибиною 914 м;

- ствол №3 законсервований, круглого перетину, баштовий, бетонний.

Шахта - індивідуальна, з центральним провітрюванням.

Схема розкриття шахтного поля - погоризонтна, висота поверхів 100 м. Відпрацювання горизонтів проводиться в низхідному порядку, блоками по 400 ... 500 м, обмеженими неперехідними великими геологічними порушеннями. На східному крилі шахти пласти з кутом падіння 44 - 45 ° відпрацьовуються за суцільною системою розробки з стелеуступною формою очисного забою. На західному крилі - 20 - 28 ° - за суцільною системою, заходками за підняттям.

На шахті прийнято групування зближених пластів групі польові штреки. Відпрацювання пластів в межах шахтного поля здійснюється в низхідному порядку.

Польові групові штреки, промквершлагі і пластові штреки проходяться буро-підривним способом з темпами проведення 20 ... 35 м/міс. Проходження польових і пластових штреків проєктом передбачено перетином 8,5 м<sup>2</sup> і 10,4 м<sup>2</sup> у просвіті, буро-підривним способом, кріплення металевим арочним кріпленням типу КМП-А3 з спец. профілю СВП-22 або СВП-27.

Повітря, що надходить в головний ствол №1, подається в приствольний двір відкаточного горизонту 810 м, далі надходить в груповий відкаточний штрек, II Західний Польовий штрек горизонту 810 м, на груповий квершлаг, відкаточний штрек пласта  $l_7^B$  горизонт 810 м, через лаву пласта  $l_7^B$  виводиться на вентиляційний штрек пласта  $l_7^B$  горизонту 710 м, і далі на груповий квершлаг, II Західний польовий штрек горизонту 710 м і в приствольний двір вентиляційного горизонту 710 м. З приствольного двору повітря надходить в скіповий ствол № 2 і виводиться на земну поверхню.

## 1.8 Система розробки

На шахті прийнята зворотньопоточна схема провітрювання, порядок відпрацювання ділянок - прямий від стволів до кордонів шахтного поля блоками за простяганням, система розробки вугільних пластів - суцільна.

Основними фактори, що впливають на вибір системи розробки пластів є: властивості бокових порід, обводнення ділянок, можливість швидкого введення лав в експлуатацію при низьких темпах проведення підготовчих виробок (в середньому по шахті 20 ... 35 м за місяць), великий обсяг підготовчих робіт, так як відпрацьовуються блоки невеликої довжини за простяганням.

У лавах виїмка вугілля проводиться відбійними молотками, управління покрівлею - утримання на дерев'яних кострах, плавне опускання. Кріплення

очисних забоїв - дерев'яне, з затягуванням покрівлі і підшви, при плавному опусканні застосовуються посадкові стойки ОКУ-04. Відкаточні штреки проходяться породними або змішаними забоями.

Охорона відкаточних штреків проводиться ціликами вугілля розмірами 10×5 м на західному похилому крилі шахти і 8×5 м на східному крутопохилому крилі шахти, при відпрацюванні пластів, схильних до самозапалювання, застосовується безціликова виїмка.

Вентиляційні штреки проходяться породними або змішаними забоями впритул до старих робіт. Вентиляційні штреки охороняються ціликами вугілля розмірами 6×4 м і бутовими смугами довжиною 20 ... 30 м з двома рядами кострів і дворядного органного кріплення.

Темп посування штреку при підготовці лави пласта  $l_7^B$  за планом - не менше 60 м за місяць. Проходження відкаточного штреку передбачено по пласту вугілля перетином 10,4 м<sup>2</sup> у просвіті, кріплення металевим арочним кріпленням типу КМП-А3 з спец. профілю СВП-27.

Відкатка вантажів буде здійснюватися на передній груповий промквершлаг, далі на груповий польовий відкаточний штрек і на ствол.

## **1.9 Багатоводність і водовідлив**

Нормальний приплив води в шахту становить 230 - 255 м<sup>3</sup>/год. Для відкачування води з шахти прийнята двоступенева схема водовідливу. Вода з водозбірника гор. 810 м відкачується на гор. 510 м, а потім перекачується на поверхню.

Камера водовідливу горизонту 810 м обладнана 5 насосами типу ЦНС-300-360 с електродвигунами потужністю 500 кВт.

Камера перекачувального водовідливу горизонту 510 м обладнана п'ятьма насосами типу ЦНС-300-600 с електродвигунами потужністю 800 кВт.

Видача шахтного припливу проводиться по чотирьох водовідливних поставах діаметром 200 мм, прокладених в стволах №1 і №2.

### **1.10 Вентиляція і пиловий режим**

Шахтне поле розкрито трьома вертикальними стволами.

Ствол №1 пройдений буро-підривним способом в 1952 році і в подальшому заглиблений до глибини 1042 м, круглого перетину діаметром 6,5 м у просвіті. Клітьовою ствол №1 - вантажно-людський, служить для спуску і підйому людей, видачі породи, спуску матеріалів і устаткування. За умовами вентиляції ствол повітроподавальний. Збитий з горизонтами 510 м для водовідливу, горизонт 710 м - вентиляційний робочий, горизонт 810 м - відкаточний робочий, горизонт 910 м - споруджуваний, інші відпрацьовані вищележачі горизонти заперемичені і збійок зі стволом не мають.

Скіповий ствол №2 пройдено і заглиблено в період з 1949 року по 1979 рік буро-підривним способом на глибину 914 м. Ствол №2 обладнаний двоскіповим підйомом з двома скіпами максимальною вантажопідйомністю 6000 кг, служить для видачі вугілля на поверхню і виведення вихідного струменя повітря. Має збійки на горизонтах 810 м і 910 м.

Ствол №3 пройдений буро-підривним способом. На глибині 1023 м в 1993 році при проходженні ствола було зустрінуто розривне порушення з рясним водоприпливом 75 м<sup>3</sup>/год, придушити який не вдалося. Ствол №3 не обладнаний підйомним комплексом, не армований, знаходиться в стадії незавершеного будівництва на мокрій консервації.

Спосіб провітрювання шахти - всмоктуючий.

Схема вентиляції шахти - центральна.

Шахта - надкатегорійна за газом, небезпечна за вибухами вугільного пилу, безпечна за гірськими ударами і за раптовими викидами вугілля і газу.

Відносна газовість шахти - 21,75 м<sup>3</sup>/т.г.с.т.



Абсолютна газовість - 3,78 м<sup>3</sup>/хв.

Головна вентиляторна установка складається з двох відцентрових вентиляторів ВЦД - 47У, один з яких знаходиться в роботі, інший - резерві.

Фактична продуктивність вентилятора - 10000 м<sup>3</sup>/хв. при депресії 110 мм водяного стовпа. Максимальна продуктивність становить - 16500 м<sup>3</sup>/хв. при депресії 375 мм водяного стовпа.

Регулювання продуктивності вентиляторів проводиться шляхом зміни кута установки лопатей направляючого апарату.

На шахті є такі камери: горизонт 510 м - насосна; горизонт 710 м - гірвоозний гараж, насосна, камера очікування; горизонт 810 м - електрогараж, водозбірник, камера розвантаження, насосна, камера ЦПП, камера очікування; горизонт 910 м - водозбірник.

В гірських виробках шахти є наступні вентиляторні пристрої: горизонт 510 м: шлюз біля ствола №2; горизонт 710 м: шлюзи на порожнякової і вантажній гілці ствола №1; горизонт 810 м: шлюз біля ствола №2, вентиляційна збійка в електрогаражі.

Схема провітрювання ділянок зворотньопоточна - подача свіжого струменя і вихід вихідного струменя здійснюється з використанням задніх групових промквершлагів.

Забій підготовчих виробок провітрюється за допомогою вентиляторів місцевого провітрювання типу ВМП-5 і ВМП-6. Послідовно провітрюваних лав на шахті немає.

### **1.11 Шахтний транспорт і підйом**

Для транспортування вугілля і породи, а також для виконання допоміжних операцій на горизонтах 710 м і 810 м прийнятий акумуляторний електровоз типу АМ-8Д. Тип застосовної вагонетки ВГ-1,3 на колію 600 мм.

Для роботи на вихідному струмені вентиляційних штреків прийняті гірвовоз типу ГР-6, ГР-8.

Кількість вагонів з породою в потягу - 15 штук.

Обслуговування та ремонт електровозів на 710 м і 810 м проводиться в електровозному депо, що складається з зарядної камери, підстанції та ремонтної майстерні.

Зарядна камера обладнана 20 зарядними столами для батарей електровозів АМ-8Д і двома кранами КЕД-7.

У перетворюючої підстанції встановлені пересувні підстанції типу ТСШВП і зарядний пристрій ЗУК-15,5/230М.

Для відкати вантажів на горизонті 810 м використовуються вагонетки ВГ-1,3, на колю 600 мм.

Транспортування металокріплення, рейок, труб, сипучих матеріалів здійснюється на спеціальних платформах і каретках.

Ствол №1 - клітьовий, діаметром 6,5 м пройдено нижче горизонту 1010 м з зумпфом, глибина ствола 1043 м.

У стволі розміщені дві триповерхові кліті на одну вагонетку ВГ-1,3 на поверсі двоклітьового підйому і одна двоповерхова кліть на дві вагонетки ВГ-1,3 на поверсі одноклітьового підйому з противагою.

Ствол служить для допоміжних операцій і подачі в шахту свіжого повітря.

Ствол №2 - скіповий, діаметром 6 м, пройдений до горизонту 910 м з зумпфом, глибина ствола 916 м.

У стволі розміщені два скіпи вантажопідйомністю 6 т двоскіпового підйому. Ствол служить для видачі з шахти відпрацьованого струменя повітря і видачі вугілля в скіповий бункер на поверхні шахти.

Ствол №3 - законсервований мокрим консервуванням.

## **1.12 Енергопостачання шахти**

Електропостачання шахти здійснюється від Миронівської ДРЕС і ряду районних станцій, об'єднаних в енергокільце через Єнакіївську центральну станцію «Донбасенерго».

Передбачено відокремлене живлення всіх підземних електроприймачів за допомогою розподільних трансформаторів 36/6,3 кВт, влаштованих в ГПП.

Річні витрати електроенергії на шахті складають 70,5 млн. кВт·год.

На підземних видобувних і підготовчих роботах застосовується пневмоенергія.

## **1.13 Температурні умови**

На діючому горизонті 810 м природна температура гірських порід складає 35 ... 37 °С. Тепловиділення з гірського масиву призводять до підвищених температур повітря в гірничих виробках, що доходять до 30 ... 32 °С, що більше допустимої за ПБ 26 °С [1].

В даний час заходи щодо нормалізації температурних умов на шахті не здійснюються. За роботу у важких температурних умовах робочим виплачується грошова компенсація.

## **1.14 Висновки**

За промисловими запасами шахта є перспективною для подальших розробок. Але вже на діючому горизонті 810 м становиться актуальною проблема нормалізації теплових умов на робочих місцях.

Для вирішення цієї проблеми необхідно застосувати засоби штучного охолодження (кондиціонування) повітря.

## **2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ. ПРОЄКТ УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ШАХТИ**

### **2.1 Вибір схемного рішення установки для кондиціонування повітря**

У даний час на шахті «Торецька» підземні роботи ведуться в чотирьох очисних та в чотирьох підготовчих забоях. Для нормалізації температурних умов на робочих місцях необхідно на маршруті подачі повітря до виробничих ділянок обладнати пункти охолодження, в яких забезпечити відповідне зниження температури повітря.

За схему установки кондиціонування повітря приймаємо схему з централізованим виробленням холоду в підземній станції холодильних машин і передачею його вентиляційному струменю за допомогою повітроохолоджувачів, встановлених в пунктах охолодження повітря на виробничих ділянках. Стаціонарні холодильні машини розташовується в спеціальній камері в приствольному дворі горизонту 810 м. Холодоносієм, що циркулює в підземній трубопроводній мережі, є вода, яка охолоджується холодильними машинами та отеплюється в повітроохолоджувачах. Відведення теплоти конденсації холодильних машин передбачається у вихідний струмінь за допомогою форсуноквих водоохолоджувачів.

### **2.2 Методика розрахунку проєктних параметрів установки для кондиціонування повітря**

Розрахунок проводимо за допомогою комп'ютерних програм, що реалізують методику [2, 3], яка дозволяє визначити оптимальні параметри і режими роботи устаткування установок для кондиціонування повітря шахт за критерієм мінімуму річних приведених витрат на їх спорудження та експлуатацію.

Згідно з цією методикою в установці виділяються дві основні підсистеми – виробництва холоду та його розподілення. Перша включає в себе підземну станцію холодильних машин (СХМ) з системою відведення теплоти конденсації у форсункових водоохолоджувачах, а друга – повітроохолоджувачі з підземною трубопровідною мережею розподілу холодоносія (ПО-ПМРХ). Основою розрахунку є розрахунок оптимальних параметрів підсистеми ПО-ПМРХ.

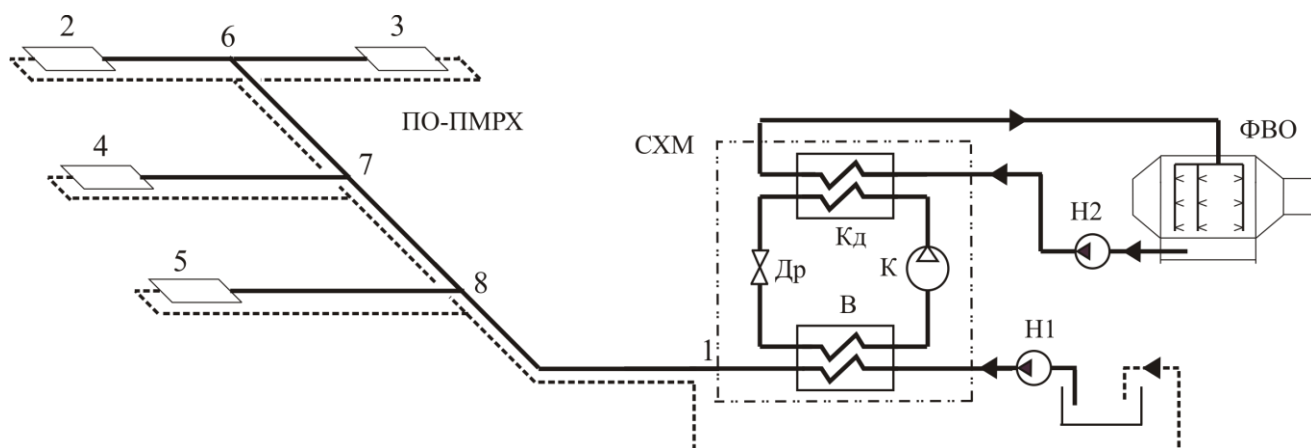
Оптимізація параметрів цієї підсистеми проводиться в два етапи.

На першому визначаються параметри і вибираються типи повітроохолоджувачів для кожного пункту охолодження. При цьому для урахування витрат на доставку холоду до пунктів охолодження ПМРХ замінюється фіктивними простими ділянками трубопроводу, що з'єднують насосну станцію СХМ з пунктами охолодження повітря. Тим самим, складна зв'язна система ПО-ПМРХ розбивається на ряд простих незв'язних систем, кожна з яких включає повітроохолоджувачі відповідного пункту охолодження і фіктивні пряму і зворотну ділянки трубопроводу, що з'єднують цей пункт охолодження з СХМ. Параметри повітроохолоджувачів визначаються в результаті розв'язання задач оптимізації кожної з таких незв'язних систем.

На другому етапі, при визначених параметрах повітроохолоджувачів проводиться оптимізація діаметрів трубопроводів на ділянках фактичної розгалуженої ПСРХ. Ця задача розв'язується з урахуванням розвитку мережі в часі, який визначається календарним планом ведення гірничих робіт, різночасності витрат на спорудження трубопроводу, дискретності значень стандартних діаметрів труб і умовних тисків при обмеженнях на мінімальний і максимальний діаметри труб. Розв'язання задачі забезпечує отримання гідравлічно ув'язаної системи ділянок розгалуженого трубопроводу, яка задовольняє Першому і Другому законам Кірхгофа для мереж при значеннях діаметрів труб, взятих зі стандартного ряду. Гідравлічна ув'язка досягається за рахунок прийняття на окремих ділянках трубопроводу ступінчастої зміни діаметра трубопроводу і введення регуляторів витрати холодоносія.

## 2.3 Початкові дані

Схема установки для кондиціонування повітря шахти приведена на рис. 2.1.



ПО-ПМРХ – підсистема розподілення холодоносія; СХМ – станція холодильних машин; К – компресор; Кд – конденсатор; Др – дросель; В – випарник; Н1, Н2 – насоси; ФВО – форсунковий водоохолоджувач

Рисунок 2.1 – Схема установки для кондиціонування повітря шахти

Трубопроводи подачі охолодженого холодоносія до повітроохолоджувачів на рисунку показані суцільною лінією, а повернення теплого холодоносія на СХМ – штриховою лінією. Номерами відмічені вузлові точки – в місцях розгалуження трубопроводів і в пунктах охолодження.

Температуру охолодженого холодоносія (води) на вході в ПМРХ приймаємо  $7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а температуру вентиляційного повітря  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Інші початкові дані для розрахунку приведені в табл. 2.1 – 2.3.

Підготовка даних до комп'ютерного розрахунку проводиться згідно з інструкцією [4].

Таблиця 2.1 – Дані про пункти охолодження повітря

Номер вузлу	Відстань від СХМ, м	Витрата повітря, м <sup>3</sup> /с	Параметри неохолодженого повітря		Температура охолодженого повітря, °С	Признак типу виробки*	Глибина горизонту, м
			температура, °С	відносна вологість			
2	2800	6,5	25,0	0,85	16,0	0	810
3	2600	7,0	24,0	0,90	17,0	0	810
4	2600	6,5	26,0	0,80	17,0	0	810
5	2500	8,3	26,0	0,85	19,0	0	810

Примітка. \* – якщо повітроохолоджувачі призначені для охолодження тупикової виробки, то признак дорівнює одиниці, якщо ні, то нулю

Таблиця 2.2 – Дані про ділянки трубопровідної мережі

Початковий вузол	Кінцевий вузол	Довжина ділянки, м	Мінімальний допустимий діаметр, мм	Максимальний допустимий діаметр, мм	Строк служби, років	Признак наявності теплоізоляції зворотної гілки
1	8	1800	80	350	5,0	0
8	7	300	80	350	5,0	0
7	6	300	80	350	5,0	0
6	2	400	80	250	5,0	0
6	3	200	80	350	5,0	0
7	4	500	80	350	5,0	0
8	5	700	80	250	5,0	0

Таблиця 2.3 – Параметри вентиляційного струменю на ділянках мережі

Початковий вузол	Кінцевий вузол	Швидкість, м/с	Середня температура, °С
1	8	2,4	25,0
8	7	1,8	25,5
7	6	1,2	25,5
6	2	0,8	25,0
6	3	0,7	24,0
7	4	0,8	26,0
8	5	1,0	26,0

## 2.4 Результати розрахунку оптимальних проєктних параметрів підсистеми ПО-ПМРХ

Результати комп'ютерного розрахунку оптимальних проєктних параметрів підсистеми ПО-ПМРХ приведені в табл. 2.4 – 2.6.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку пунктів охолодження

Номер вузлу	Тип повітроохолоджувача	Число агрегатів	Витрата води на агрегат, м <sup>3</sup> /год	Перепад температури води, °С	Втрати напору води, м	Холодильна потужність агрегату, кВт
2	АРВП-2	2	9,4	8,59	1,10	92,7
3	АРВП-4	1	18,2	7,95	2,29	168,0
4	АРВП-4	1	18,6	8,08	2,39	174,4
5	АРВП-2	2	7,9	10,11	0,78	93,0

Таблиця 2.5 – Розрахункові параметри трубопроводів ПМРХ

Початковий вузол	Кінцевий вузол	Умовний тиск $P_y$ , кг/см <sup>2</sup>	Довжина трубопроводу, м						
			Умовний діаметр $D_y$ , мм						
			80	100	150	200	250	300	350
1	8	16,0	0	0	1800	0	0	0	0
8	1	16,0	0	0	1800	0	0	0	0
8	7	16,0	0	0	300	0	0	0	0
7	8	16,0	0	0	300	0	0	0	0
7	6	16,0	0	300	0	0	0	0	0
6	7	16,0	0	60	240	0	0	0	0
6	2	16,0	18	382	0	0	0	0	0
2	6	16,0	0	400	0	0	0	0	0
6	3	16,0	200	0	0	0	0	0	0
3	6	16,0	0	200	0	0	0	0	0
7	4	16,0	500	0	0	0	0	0	0
4	7	16,0	132	368	0	0	0	0	0
8	5	16,0	700	0	0	0	0	0	0
5	8	16,0	700	0	0	0	0	0	0

Таблиця 2.6 – Втрати напору на регуляторах

Номер вузлу	Втрати напору, м
3	0,0
5	0,0
6	0,0

Потрібна холодильна потужність – 713,8 кВт.



Потрібний напір насосів складає 89,3 м, подача – 71,3 м<sup>3</sup>/год.

Для забезпечення потрібного гідравлічного режиму підсистеми ПО-ПМРХ приймаємо до установки 2 насоси ЦНС-60 50...250 (4 робочих колеси), з яких 1 робочий і 1 резервний. Частота обертання валу насосів 1475 об/хв, ККД в розрахунковому режимі 0,64. Характеристики насосу і зовнішньої мережі приведені на рис. 2.2 (лінії 1 і 2 відповідно).

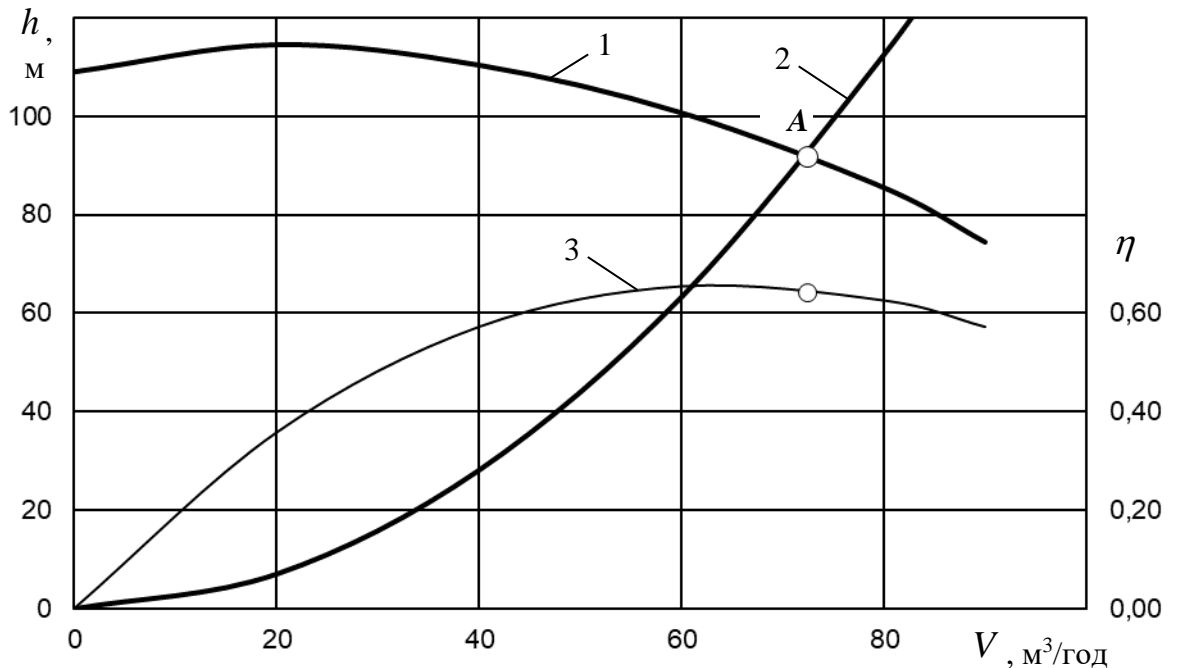


Рисунок 2.2 - Характеристики насосу і зовнішньої мережі

На рисунку представлена також залежність ККД насоса від його подачі (лінія 3). Точка *A* визначає режим роботи насосної установки. Вона знаходиться на перетині характеристики насоса (лінії 1) з характеристикою зовнішньої мережі (лінією 2). У цій точці напір насоса дорівнює  $H_A = 91,6$  м, а подача  $V_A = 72,5$  м<sup>3</sup>/год. ККД в робочому режимі  $\eta_n = 0,642$ .

Електрична потужність, споживана насосами в робочому режимі,

$$N_{\text{ел}} = \frac{\rho_w g h_A V_A}{\eta_n \eta_{\text{мех}} \eta_{\text{ед}}} = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 72,5 \cdot 91,6}{3600 \cdot 0,642 \cdot 0,97 \cdot 0,95} \cdot 10^{-3} = 30,6 \text{ кВт.} \quad (2.1)$$

де  $\rho_w = 1000$  кг/м<sup>3</sup> – густина води;

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$  – прискорення вільного падіння;

$\eta_{\text{мех}}$  і  $\eta_{\text{ед}}$  – механічний ККД насоса і ККД приводного електродвигуна (прийняті рівними відповідно 0,97 і 0,95).

## 2.5 Розрахунок технічно допустимого варіанту підсистеми ПО-ПМРХ

### 2.5.1 Постановка завдання і початкові дані

При оптимізації проєктних параметрів підсистеми ПО-ПМРХ проводиться перебір різних технічно допустимих варіантів. Один з таких варіантів отримаємо розрахунком за інженерної методикою.

Початкові дані.

Барометричний тиск у виробках  $p_0 = 110 \text{ кПа}$ .

Температура холодоносія на вході в трубопровідну мережу  $t_{\text{wl}} = 7 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Приріст температури холодоносія при русі в трубопроводах  $\Delta t_l = 1 \text{ }^\circ\text{C/км}$ .

Енергія приводу вентиляторів повітроохолоджувачів - пневматична.

Параметри вентиляційного повітря, що охолоджується, приведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Параметри повітря в пунктах охолодження в  $j$ -х вузлах трубопровідної мережі

Номер вузлу	Витрата повітря в виробці $V_{0_j}, \text{ м}^3/\text{с}$	Параметри повітря до охолодження		Температура охолодженого повітря $t_{c_j}, \text{ }^\circ\text{C}$
		$t_{0_j}, \text{ }^\circ\text{C}$	$\varphi_{0_j}$	
2	6,5	25,0	0,85	16,0
3	7,0	24,0	0,90	17,0
4	6,5	26,0	0,80	17,0
5	8,3	26,0	0,85	19,0

## 2.5.2 Розрахунок потрібної холодильної потужності пунктів охолодження повітря та вибір повітроохолоджувачів

Потрібна холодильна потужність пункту охолодження, кВт, розраховується за формулою:

$$Q_{\text{по}} = \rho_0 V_0 (I_0 - I_c), \quad (2.2)$$

де  $\rho_0$  – густина неохолодженого повітря (перед пунктом охолодження), кг/м<sup>3</sup>;

$V_0$  – витрата повітря по виробці, м<sup>3</sup>/с;

$I_0$  – ентальпія неохолодженого повітря, кДж/кг;

$I_c$  – ентальпія охолодженого повітря (за пунктом охолодження), кДж/кг.

Густина неохолодженого повітря розраховується за формулою

$$\rho_0 = \frac{P_6}{R(273 + t_0)}, \quad (2.3)$$

де  $R = 287$  Дж/(кг К) – газова стала повітря.

Ентальпія охолодженого і неохолодженого повітря знаходиться за допомогою  $I, d$  – діаграми вологого повітря по заданих температурі  $t_0$ , відносній вологості  $\varphi_0$  неохолодженого повітря і температурі  $t_c$  охолодженого.

Для пункту охолодження повітря в узлі 5:

густина неохолодженого повітря за формулою (2.3)

$$\rho_{0_5} = \frac{P_6}{R(273 + t_{0_5})} = \frac{110 \cdot 10^3}{287 \cdot (273 + 26,0)} = 1,282 \text{ кг/м}^3,$$

ентальпія повітря перед і за пунктом охолодження  $I_{0_5} = 67,4$  кДж/кг і

$$I_{c_5} = 50,7 \text{ кДж/кг};$$

потрібна холодильна потужність за формулою (2.2):

$$Q_{\text{по}_5} = \rho_{0_5} V_{0_5} (I_{0_5} - I_{c_5}) = 1,282 \cdot 8,3 \cdot (67,4 - 50,7) = 178,2 \text{ кВт.}$$

Аналогічно, для пунктів охолодження у вузлах 2, 3 і 4 визначаємо:

$$\rho_{0_4} = \frac{P_6}{R(273 + t_{0_4})} = \frac{110 \cdot 10^3}{287 \cdot (273 + 26,0)} = 1,282 \text{ кг/м}^3,$$

$$I_{0_4} = 64,9 \text{ кДж/кг}; I_{c_4} = 44,9 \text{ кДж/кг};$$

$$Q_{\text{по}_4} = \rho_{0_4} V_{0_4} (I_{0_4} - I_{c_4}) = 1,282 \cdot 6,5 \cdot (64,9 - 44,9) = 167,1 \text{ кВт};$$

$$\rho_{0_3} = \frac{P_6}{R(273 + t_{0_3})} = \frac{110 \cdot 10^3}{287 \cdot (273 + 24,0)} = 1,29 \text{ кг/м}^3,$$

$$I_{0_3} = 62,9 \text{ кДж/кг}; I_{c_3} = 44,9 \text{ кДж/кг};$$

$$Q_{\text{по}_3} = \rho_{0_3} V_{0_3} (I_{0_3} - I_{c_3}) = 1,29 \cdot 7,0 \cdot (62,9 - 44,9) = 162,7 \text{ кВт};$$

$$\rho_{0_2} = \frac{P_6}{R(273 + t_{0_2})} = \frac{110 \cdot 10^3}{287 \cdot (273 + 25,0)} = 1,286 \text{ кг/м}^3,$$

$$I_{0_2} = 64,0 \text{ кДж/кг}; I_{c_2} = 42,1 \text{ кДж/кг};$$

$$Q_{\text{по}_2} = \rho_{0_2} V_{0_2} (I_{0_2} - I_{c_2}) = 1,286 \cdot 6,5 \cdot (64,0 - 42,1) = 182,7 \text{ кВт.}$$

Тип повітроохолоджувачів, що встановлюються для охолодження повітря в наскрізних виробках вибираємо таким чином, щоб номінальна витрата повітря через них була б не більше 0,7 від витрати повітря у виробках.

Повітроохолоджувачі, що призначаються для охолодження повітря в тупикових виробках, вбудовуються в повітропровід, тому витрата повітря через них дорівнює витраті повітря в повітропроводі. При виборі типу таких повітроохолоджувачів виходимо з необхідності забезпечення потрібної холодильної потужності.

Оскільки шахта є надкатегорійною за газом і на підземних роботах в очисних і підготовчих забоях застосовується тільки пневматична енергія, за повітроохолоджувачі розглядаємо агрегати типу АРВП, з пневмоприводом вентилятора. Характеристики повітроохолоджувачів приведені в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 – Характеристика повітроохолоджувачів [3 – 6]

Параметри	АРВП-1	АРВП-2	АРВП-3	АРВП-4
Нормалізована холодильна потужність, кВт	105	130	150	200
Площа поверхні теплообміну, м <sup>2</sup>	209	209	209	278
Витрата холодоносія, м <sup>3</sup> /год	24,4	24,4	24,4	32,5
Аеродинамічний опір, Па·с <sup>2</sup> /м <sup>6</sup>	116,5	116,5	116,5	65,1
Гідравлічний опір, с <sup>2</sup> /м <sup>5</sup>	16,3·10 <sup>4</sup>	16,3·10 <sup>4</sup>	16,3·10 <sup>4</sup>	9,1·10 <sup>4</sup>
Тип вентилятора	ВМП-4	ВМП-5	ВМП-6	ВМП-6
Витрата повітря, м <sup>3</sup> /с	2,5	3,33	4,17	5,5

Результати розрахунків вносимо в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Результати розрахунків потрібної холодильної потужності пунктів охолодження та вибору повітроохолоджувачів

Номер вузлу	$V_{0j}$ , м <sup>3</sup> /с	$t_{0j}$ , °С	$\varphi_{0j}$	$t_{cj}$ , °С	$\rho_{0j}$ , кг/м <sup>3</sup>	$I_{0j}$ , кДж/кг	$I_{cj}$ , кДж/кг	$Q_{поj}$ , кВт	Повітроохолоджувачі	
									тип	число
2	6,5	25,0	0,85	16,0	1,286	64,0	42,1	182,7	АРВП-4	1
3	7,0	24,0	0,90	17,0	1,290	62,9	44,9	162,7	АРВП-4	1
4	6,5	26,0	0,80	17,0	1,282	64,9	44,9	167,1	АРВП-4	1
5	8,3	26,0	0,85	19,0	1,282	67,4	50,7	178,2	АРВП-4	1

### 2.5.3 Розрахунок потрібної витрати охолоджуючої води в пунктах охолодження повітря

Для визначення потрібної витрати охолоджуючої води на пункт охолодження попередньо знаходиться початкова температура охолоджуючої води в ньому і приведена холодинна потужність пункту охолодження.

Початкова температура охолоджуючої води в  $j$ -му пункту охолодження, тобто у  $j$ -му вузлі мережі, і приведена холодинна потужність пункту охолодження:

$$t_{w_j} = t_{w_1} + \Delta t_l L_{1-j}; \quad (2.4)$$

$$Q_{прj} = \frac{Q_{поj}}{n_\phi n_B n_\gamma n_V n_t}, \quad (2.5)$$

де  $L_{1-j}$  – довжина ділянки трубопроводу між вузлами 1 і  $j$ , м;

$n_\phi$ ,  $n_B$ ,  $n_\gamma$ ,  $n_V$ ,  $n_t$  – коефіцієнти, що враховують відмінність фактичних умов роботи повітроохолоджувачів від нормалізованих за відносною вологістю повітря, барометричним тиском, густиною повітря, його витратою, початковою температурою повітря і води.

Для пунктів охолодження у вузлах 2, 3, 4 і 5 знаходимо сумарну довжину трубопроводів подачі холодоносія від насосів до пункту охолодження:

$$L_{1-2} = L_{1-8} + L_{8-7} + L_{7-6} + L_{6-2} = 1800 + 300 + 300 + 400 = 2800 \text{ м} \quad (2.6)$$

$$L_{1-3} = L_{1-8} + L_{8-7} + L_{7-6} + L_{6-3} = 1800 + 300 + 300 + 200 = 2600 \text{ м} \quad (2.7)$$

$$L_{1-4} = L_{1-8} + L_{8-7} + L_{7-4} = 1800 + 300 + 500 = 2600 \text{ м} \quad (2.8)$$

$$L_{1-5} = L_{1-8} + L_{8-5} = 1800 + 700 = 2500 \text{ м.} \quad (2.9)$$

За формулою (2.4) розраховуємо температуру охолоджуючої води в пунктах охолодження у вузлах 2, 3, 4 і 5:

$$t_{w_2} = t_{w_1} + \Delta t_l L_{1-2} = 7,0 + 1,0 \cdot 2,8 = 9,8 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{w_3} = t_{w_1} + \Delta t_l L_{1-3} = 7,0 + 1,0 \cdot 2,6 = 9,6 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{w_4} = t_{w_1} + \Delta t_l L_{1-4} = 7,0 + 1,0 \cdot 2,6 = 9,6 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{w_5} = t_{w_1} + \Delta t_l L_{1-5} = 7,0 + 1,0 \cdot 2,5 = 9,5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Для пункту охолодження у вузлі 5 за номограмами [3, 6] знаходимо коефіцієнти  $n_\phi=1,0$ ;  $n_B=1,0$ ;  $n_\gamma=1,01$ ;  $n_V=1,0$ ;  $n_t=1,03$  і за формулою (2.5) розраховуємо приведену холодильну потужність

$$Q_{\text{пр}_5} = \frac{Q_{\text{по}_5}}{n_\phi n_B n_\gamma n_V n_t} = \frac{178,2}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,01 \cdot 1,0 \cdot 1,03} = 171,3 \text{ кВт.}$$

Відповідно до отриманого значення  $Q_{\text{пр}_5}$  за номограмою [3] знаходимо витрату охолоджуючої води на пункт охолодження  $W_{\text{по}_5} = 19,0 \text{ м}^3/\text{Год}$ .

Для пункту охолодження у вузлі 4 за номограмами [3, 6] знаходимо коефіцієнти  $n_\phi=1,0$ ;  $n_B=1,0$ ;  $n_\gamma=1,01$ ;  $n_V=0,92$ ;  $n_t=1,02$  і розраховуємо приведену холодильну потужність

$$Q_{\text{пр}_4} = \frac{Q_{\text{по}_4}}{n_\phi n_B n_\gamma n_V n_t} = \frac{167,1}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,01 \cdot 0,92 \cdot 1,02} = 179,9 \text{ кВт.}$$

Відповідно до отриманого значення  $Q_{\text{пр}_4}$  за номограмою [3] знаходимо витрату охолоджуючої води на пункт охолодження  $W_{\text{по}_4} = 21,0 \text{ м}^3/\text{Год}$ .

Для пункту охолодження у вузлі 3 за номограмами [3, 6] знаходимо коефіцієнти  $n_\phi=1,0$ ;  $n_B=1,0$ ;  $n_\gamma=1,01$ ;  $n_V=0,87$ ;  $n_t=0,82$  і розраховуємо приведену холодильну потужність

$$Q_{\text{пр}_3} = \frac{Q_{\text{по}_3}}{n_\phi n_B n_\gamma n_V n_t} = \frac{162,7}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,01 \cdot 0,87 \cdot 0,82} = 211,0 \text{ кВт.}$$

Відповідно до отриманого значення  $Q_{\text{пр}_3}$  за номограмою [3] знаходимо витрату охолоджуючої води на пункт охолодження  $W_{\text{по}_3} = 37,0 \text{ м}^3/\text{Год}$ .

Для пункту охолодження у вузлі 2 за номограмами [3, 6] знаходимо коефіцієнти  $n_\phi=1,0$ ;  $n_B=1,0$ ;  $n_\gamma=1,01$ ;  $n_V=0,92$ ;  $n_t=0,92$  і розраховуємо приведену холодильну потужність

$$Q_{\text{пр}2} = \frac{Q_{\text{по}2}}{n_\phi n_B n_\gamma n_V n_t} = \frac{182,7}{1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,01 \cdot 0,92 \cdot 0,92} = 213,7 \text{ кВт.}$$

Відповідно до отриманого значення  $Q_{\text{пр}2}$  за номограмою [3] знаходимо витрату охолоджуючої води на пункт охолодження  $W_{\text{по}2} = 40,0 \text{ м}^3/\text{год.}$

Результати вносимо в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунку витрати охолоджуючої води на пункти охолодження

Номер вузлу	Тип	$Q_{\text{по}j}$ , кВт	$L_{1-j}$ , м	$t_{w_j}$ , °C	$n_\phi$	$n_B$	$n_\gamma$	$n_V$	$n_t$	$Q_{\text{пр}j}$ , кВт	$W_{\text{по}j}$ , м <sup>3</sup> /ч
2	АРВП-4	182,7	2800	9,80	1	1,0	1,01	0,92	0,92	213,7	40,0
3	АРВП-4	162,7	2600	9,60	1,07	1,0	1,01	0,87	0,82	211,0	37,0
4	АРВП-4	167,1	2600	9,60	0,98	1,0	1,01	0,92	1,02	179,9	21,0
5	АРВП-4	178,2	2500	9,50	1	1,0	1,01	1,00	1,03	171,3	19,0

### 2.5.4 Розрахунок трубопровідної мережі

Відповідно до витрат охолоджуючої води на пункти охолодження знаходимо витрати води на ділянках трубопровідної мережі  $W_{i-j}$ , де  $i$  та  $j$  – номер початкового і кінцевого вузлів даної ділянки.

Для ділянки б-2, яке живить пункт охолодження у вузлі 2,

$$W_{6-2} = W_{\text{по}2} = 40,0 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.10)$$

Для ділянки б-3, яке живить пункт охолодження у вузлі 3,



$$W_{6-3} = W_{\text{по}_3} = 37,0 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.11)$$

Для ділянки 7-4, яке живить пункт охолодження у вузлі 4,

$$W_{7-4} = W_{\text{по}_4} = 21,0 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.12)$$

Для ділянки 8-5, яке живить пункт охолодження у вузлі 5,

$$W_{8-5} = W_{\text{по}_5} = 19,0 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.13)$$

Для ділянки 7-6, яке живить ділянки 6-2 і 6-3,

$$W_{7-6} = W_{6-2} + W_{6-3} = 40,0 + 37,0 = 77,0 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.14)$$

Для ділянки 8-7, яке живить ділянки 7-6 і 7-4,

$$W_{8-7} = W_{7-6} + W_{7-4} = 77,0 + 21,0 = 98,0 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.15)$$

Для ділянки 1-8, яке живить ділянки 8-7 і 8-5,

$$W_{1-8} = W_{8-7} + W_{8-5} = 98,0 + 19,0 = 117,0 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.16)$$

Діаметри ділянок трубопроводної мережі розраховуємо за рекомендованою швидкістю руху води  $w_{\text{рек}} = 1,6 \dots 2,0 \text{ м/с}$  [5] і округляємо до стандартних значень з ряду 0,1; 0,15; 0,20; 0,25, 0,30 м.

Розрахунковий діаметр на ділянці  $i-g$  визначається за формулою

$$d_{i-g}^{\text{розр}} = \sqrt{\frac{4W_{i-g}}{3600\pi w_{\text{рек}}}}. \quad (2.17)$$

Для ділянки 8-5 розрахунковий діаметр трубопроводу

$$d_{8-5}^{\text{розр}} = \sqrt{\frac{4W_{8-5}}{3600\pi w_{\text{рек}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 19,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,8}} = 0,0611 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартне значення діаметра

$$d_{8-5} = 0,08 \text{ м.}$$

Для інших ділянок розрахункові і прийняті значення діаметра трубопроводу:

$$d_{7-4}^{\text{розр}} = \sqrt{\frac{4W_{7-4}}{3600\pi w_{\text{рек}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 21,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,8}} = 0,0643 \text{ м;}$$

$$d_{7-4} = 0,08 \text{ м;}$$

$$d_{6-3}^{\text{розр}} = \sqrt{\frac{4W_{6-3}}{3600\pi w_{\text{рек}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 37,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,8}} = 0,0853 \text{ м;}$$

$$d_{6-3} = 0,08 \text{ м;}$$

$$d_{6-2}^{\text{розр}} = \sqrt{\frac{4W_{6-2}}{3600\pi w_{\text{рек}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 40,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,8}} = 0,0887 \text{ м;}$$

$$d_{6-2} = 0,1 \text{ м;}$$

$$d_{7-6}^{\text{розр}} = \sqrt{\frac{4W_{7-6}}{3600\pi w_{\text{рек}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 77,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,8}} = 0,123 \text{ м;}$$

$$d_{7-6} = 0,15 \text{ м;}$$

$$d_{8-7}^{\text{розрах}} = \sqrt{\frac{4W_{8-7}}{3600\pi w_{\text{рек}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 98,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,8}} = 0,1388 \text{ м};$$

$$d_{8-7} = 0,15 \text{ м};$$

$$d_{1-8}^{\text{розрах}} = \sqrt{\frac{4W_{1-8}}{3600\pi w_{\text{рек}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 117,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,8}} = 0,1517 \text{ м};$$

$$d_{1-8} = 0,15 \text{ м}.$$

Розраховуємо втрати напору за довжиною трубопроводу на ділянках мережі за формулою

$$h_{i-j} = \frac{\lambda_{i-j} L_{i-j} w_{i-j}^2}{d_{i-j} 2g}, \quad (2.18)$$

де  $\lambda_{i-j}$  – коефіцієнт Дарсі на ділянці  $i-j$ ;

$w_{i-j}$  – швидкість руху води на цій ділянці, м/с;

$L_{i-j}$  – довжина ділянки, м.

В свою чергу,

$$\lambda_{i-j} = \frac{0,021}{d_{i-j}^{0,3}}; \quad (2.19)$$

$$w_{i-j} = \frac{4W_{i-j}}{3600\pi d_{i-j}^2}. \quad (2.20)$$

Для ділянки 8-5 за формулами (2.19), (2.20) та (2.18) послідовно розраховуємо:

$$\lambda_{8-5} = \frac{0,021}{d_{8-5}^{0,3}} = \frac{0,021}{0,08^{0,3}} = 0,0448;$$

$$w_{8-5} = \frac{4W_{8-5}}{3600\pi d_{8-5}^2} = \frac{4 \cdot 19,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2} = 1,05 \text{ м/с};$$

$$h_{l8-5} = \frac{\lambda_{8-5} L_{8-5} w_{8-5}^2}{d_{8-5} 2g} = \frac{0,0448 \cdot 700}{0,08} \cdot \frac{1,05^2}{2 \cdot 9,8} = 22,1 \text{ м.}$$

Аналогічно для інших ділянок:

$$\lambda_{7-4} = \frac{0,021}{d_{7-4}^{0,3}} = \frac{0,021}{0,08^{0,3}} = 0,0448;$$

$$w_{7-4} = \frac{4W_{7-4}}{3600\pi d_{7-4}^2} = \frac{4 \cdot 19,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2} = 1,16 \text{ м/с};$$

$$h_{l7-4} = \frac{\lambda_{7-4} L_{7-4} w_{7-4}^2}{d_{7-4} 2g} = \frac{0,0448 \cdot 500}{0,08} \cdot \frac{1,16^2}{2 \cdot 9,8} = 19,3 \text{ м};$$

$$\lambda_{6-3} = \frac{0,021}{d_{6-3}^{0,3}} = \frac{0,021}{0,08^{0,3}} = 0,0448$$

$$w_{6-3} = \frac{4W_{6-3}}{3600\pi d_{6-3}^2} = \frac{4 \cdot 37,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,08^2} = 2,05 \text{ м/с};$$

$$h_{l6-3} = \frac{\lambda_{6-3} L_{6-3} w_{6-3}^2}{d_{6-3} 2g} = \frac{0,0448 \cdot 200}{0,08} \cdot \frac{2,05^2}{2 \cdot 9,8} = 23,9 \text{ м};$$

$$\lambda_{6-2} = \frac{0,021}{d_{6-2}^{0,3}} = \frac{0,021}{0,1^{0,3}} = 0,0419;$$

$$w_{6-2} = \frac{4W_{6-2}}{3600\pi d_{6-2}^2} = \frac{4 \cdot 40,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,1^2} = 1,42 \text{ м/с};$$

$$h_{l6-2} = \frac{\lambda_{6-2} L_{6-2} w_{6-2}^2}{d_{6-2} 2g} = \frac{0,0419 \cdot 400}{0,1} \cdot \frac{1,42^2}{2 \cdot 9,8} = 17,1 \text{ м};$$

$$\lambda_{7-6} = \frac{0,021}{d_{7-6}^{0,3}} = \frac{0,021}{0,15^{0,3}} = 0,0371;$$

$$w_{7-6} = \frac{4W_{7-6}}{3600\pi d_{7-6}^2} = \frac{4 \cdot 77,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2} = 1,21 \text{ м/с};$$

$$h_{l7-6} = \frac{\lambda_{7-6} L_{7-6} w_{7-6}^2}{d_{7-6} 2g} = \frac{0,0371 \cdot 300}{0,15} \cdot \frac{1,21^2}{2 \cdot 9,8} = 5,6 \text{ м};$$

$$\lambda_{8-7} = \frac{0,021}{d_{8-7}^{0,3}} = \frac{0,021}{0,15^{0,3}} = 0,0371;$$

$$w_{8-7} = \frac{4W_{8-7}}{3600 \pi d_{8-7}^2} = \frac{4 \cdot 98,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2} = 1,54 \text{ м/с};$$

$$h_{l8-7} = \frac{\lambda_{8-7} L_{8-7} w_{8-7}^2}{d_{8-7} 2g} = \frac{0,0371 \cdot 300}{0,15} \cdot \frac{1,54^2}{2 \cdot 9,8} = 9,0 \text{ м.}$$

$$\lambda_{1-8} = \frac{0,021}{d_{1-8}^{0,3}} = \frac{0,021}{0,15^{0,3}} = 0,0371;$$

$$w_{1-8} = \frac{4W_{1-8}}{3600 \pi d_{1-8}^2} = \frac{4 \cdot 117,0}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2} = 1,84 \text{ м/с};$$

$$h_{l1-8} = \frac{\lambda_{1-8} L_{1-8} w_{1-8}^2}{d_{1-8} 2g} = \frac{0,0371 \cdot 1800}{0,15} \cdot \frac{1,84^2}{2 \cdot 9,8} = 76,9 \text{ м.}$$

Розраховуємо втрати напору на повітроохолоджувачах. Для повітроохолоджувачів у вузлі  $j$ ,

$$h_{\text{по } j} = R_{\text{по } j} \left( \frac{W_{\text{по } j}}{n_{\text{по } j} 3600} \right)^2. \quad (2.21)$$

де  $n_{\text{по } j}$  – число повітроохолоджувачів у пункті охолодження вузлу  $j$ ,

Для повітроохолоджувача у вузлі 5 за формулою (2.21)

$$h_{\text{по } 5} = R_{\text{по } 5} \left( \frac{W_{\text{по } 5}}{n_{\text{по } 5} 3600} \right)^2 = 9,1 \cdot 10^4 \cdot \left( \frac{19,0}{3600} \right)^2 = 2,5 \text{ м.}$$

Аналогічно розраховуємо втрати напору на повітроохолоджувачах в інших пунктах охолодження

$$h_{\text{по}_4} = R_{\text{по}_4} \left( \frac{W_{\text{по}_4}}{n_{\text{по}_4} 3600} \right)^2 = 9,1 \cdot 10^4 \cdot \left( \frac{21,0}{3600} \right)^2 = 3,1 \text{ м};$$

$$h_{\text{по}_3} = R_{\text{по}_3} \left( \frac{W_{\text{по}_3}}{n_{\text{по}_3} 3600} \right)^2 = 9,1 \cdot 10^4 \cdot \left( \frac{37,0}{3600} \right)^2 = 9,6 \text{ м};$$

$$h_{\text{по}_2} = R_{\text{по}_2} \left( \frac{W_{\text{по}_2}}{n_{\text{по}_2} 3600} \right)^2 = 9,1 \cdot 10^4 \cdot \left( \frac{40,0}{3600} \right)^2 = 11,2 \text{ м}.$$

Розраховуємо втрати напору на регуляторах.

Метою регулювання є забезпечення необхідного розподілу потоків холодоносія в трубопровідній мережі. Мінімальна кількість регуляторів виходить при установці їх в гілках, що живлять пункти охолодження, тобто перед повітроохолоджувачами [3].

Для розрахунку втрат напору на регуляторах спочатку розраховуємо сумарні втрати в контурах трубопровідної мережі від вузла 1 (точки входу в мережу) до кожного пункту охолодження, з урахуванням прямої і зворотної гілок трубопроводу.

По контуру 1 – 8 – 5

$$H_{1-5} = 2(h_{l_{1-8}} + h_{l_{8-5}}) + h_{\text{по}_5} = 2 \cdot (76,9 + 22,1) + 2,5 = 200,5 \text{ м}. \quad (2.22)$$

По контуру 1 – 8 – 7 – 4

$$H_{1-4} = 2(h_{l_{1-8}} + h_{l_{8-7}} + h_{l_{7-4}}) + h_{\text{по}_4} =$$

$$= 2 \cdot (76,9 + 9,0 + 19,3) + 3,1 = 213,4 \text{ м}. \quad (2.23)$$

По контуру 1 – 8 – 7 – 6 – 3

$$H_{1-3} = 2(h_{l_{1-8}} + h_{l_{8-7}} + h_{l_{7-6}} + h_{l_{6-3}}) + h_{\text{по}_3} =$$

$$= 2 \cdot (76,9 + 9,0 + 5,6 + 23,9) + 9,6 = 240,4 \text{ м}. \quad (2.24)$$

По контуру 1 – 8 – 7 – 6 – 2

$$\begin{aligned}
 H_{1-2} &= 2(h_{l_{1-8}} + h_{l_{8-7}} + h_{l_{7-6}} + h_{l_{6-2}}) + h_{\text{по}_2} = \\
 &= 2 \cdot (76,9 + 9,0 + 5,6 + 17,1) + 11,2 = 228,4 \text{ м.}
 \end{aligned}
 \tag{2.25}$$

Вибираємо контур з найбільшими втратами напору. Це контур 1 – 8 – 7 – 6 – 3. Таким чином,

$$H_{\text{max}} = H_{1-3} = 240,4 \text{ м.} \tag{2.26}$$

Опір регуляторів в цьому контурі приймаємо рівним 0.

Втрати напору на регуляторах в інших контурах розраховуємо за формулою

$$h_{p_j} = H_{\text{max}} - H_{1-j}. \tag{2.27}$$

Втрати напору на регуляторах, встановлених перед повітроохолоджувачами у вузлах 2, 4 і 5 за цією формулою:

$$h_{p2} = H_{\text{max}} - H_{1-2} = 240,4 - 228,4 = 12,0 \text{ м;}$$

$$h_{p4} = H_{\text{max}} - H_{1-4} = 240,4 - 213,4 = 27,0 \text{ м;}$$

$$h_{p5} = H_{\text{max}} - H_{1-5} = 240,4 - 200,5 = 39,9 \text{ м.}$$

Результати розрахунку вносимо в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Результати розрахунку трубопровідної мережі

Гілка	$W_{i-j}$ , м <sup>3</sup> /ч	$d_{i-j}^{\text{розр}}$ , м	$d_{i-j}$ , м	$\lambda_{i-j}$	$L_{i-j}$ , м	$w_{i-j}$ , м/с	$h_{l_{i-j}}$ , м	$h_{\text{по}_j}$ , м	$H_{1-j}$ , м	$h_{p_j}$ , м
1-8	117,0	0,1517	0,15	0,0371	1800	1,84	76,9			
8-7	98,0	0,1388	0,15	0,0371	300	1,54	9,0			
7-6	77,0	0,1230	0,15	0,0371	300	1,21	5,6			
6-2	40,0	0,0887	0,1	0,0419	400	1,42	17,1	11,2	228,4	12,0
6-3	37,0	0,0853	0,08	0,0448	200	2,05	23,9	9,6	240,4	0,0
7-4	21,0	0,0643	0,08	0,0448	500	1,16	19,3	3,1	213,4	27,0
8-5	19,0	0,0611	0,08	0,0448	700	1,05	22,1	2,5	200,5	39,9

Згідно з виконаним розрахунком потрібний напір насосів складе  
 $h_{\text{н}} = H_{\text{max}} = 240,4$  м, а потрібна подача  $V_{\text{н}} = V_{1-8} = 117,0$  м<sup>3</sup>/год.

Електрична потужність, що споживається насосами в розрахунковому режимі при ККД насосів  $\eta_{\text{н}} = 0,7$ , складе

$$N_{\text{ел}} = \frac{\rho_w g h_{\text{н}} V_{\text{н}}}{\eta_{\text{н}} \eta_{\text{мех}} \eta_{\text{ед}}} = \frac{1000 \cdot 9,8 \cdot 240,4 \cdot 117}{3600 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,95} \cdot 10^{-3} = 118,7 \text{ кВт.} \quad (2.28)$$

## 2.6 Узагальнення результатів розрахунків підсистеми ПО-ПМРХ за інженерною і оптимізаційною методиками

Основні узагальнюючі результати розрахунків підсистеми ПО-ПМРХ за інженерною і оптимізаційною методиками приведені в табл. 2.12.

Таблиця 2.12 – Результати розрахунків підсистеми ПО-ПМРХ

Показники	За оптимізаційною методикою	За інженерною методикою
<b>Повітроохолоджувачі</b>		
тип, кількість	АРВП-4 – 2шт АРВП-2 – 4шт	АРВП-4 – 4шт.
сумарна площа поверхні теплообміну, м <sup>2</sup>	1392 (2·278+4·209)	1112 (4·278)
Витрата холодоносія, м <sup>3</sup> /год	71,3	117,0
Потрібний напір насосів, м	89,3	240,4
Споживана насосами електрична потужність, кВт	30,6	118,7
<b>Трубопроводи</b>		
тиск умовний $p_y$ , МПа	1,6	2,5
довжина сумарна, м, за діаметрами		
$D_y = 80$ мм	2250	2800
$D_y = 100$ мм	1710	800
$D_y = 150$ мм	4440	4800

Порівняльний аналіз результатів розрахунків показує наступне.

В оптимальному варіанті кількість вибраних повітроохолоджувачів і їх сумарна площа поверхні теплообміну дещо перевищують показники альтернативного технічно допустимого варіанту, отриманого за інженерною методикою (1392 і 1112 м<sup>2</sup>). Це приводить до більших капітальних витрат за цим



елементом установки. Але завдяки більшій поверхні теплообміну передача того ж самого теплового потоку потребує меншої витрати холодоносія (71,3 проти 117 м<sup>3</sup>/год), а це, в свою чергу надає можливість зменшити витрати по трубопроводній мережі, причому як капітальні, так і експлуатаційні. Зниження капітальних витрат зумовлено, передусім, вибором труб з меншою товщиною стінок (на  $p_y = 1,6$  МПа в оптимальному варіанті проти  $p_y = 2,5$  МПа в альтернативному), який став можливим через менший напір холодоносія в мережі (максимальний напір в оптимальному варіанті дорівнює 89,3 м, а в альтернативному 240,4 м). Зниження експлуатаційних витрат, які визначаються витратою електричної енергії, в оптимальному варіанті зумовлено меншою витратою холодоносія, меншим напором насосів і відповідно майже в чотири рази меншою споживаною електричною потужністю циркуляційних насосів (30,6 проти 118,7 кВт).

Збільшення капітальних витрат на повітроохолоджувачі перекриваються зменшенням капітальних витрат на спорудження трубопроводної мережі, тому оптимальний варіант характеризується як меншими капітальними, так і меншими експлуатаційними витратами, ніж технічно допустимий, отриманий за інженерною методикою розрахунку.

## **2.7 Вибір холодильних машин**

Згідно з проведеними розрахунками сумарна потрібна холодильна потужність пунктів охолодження повітря становить 713,8 кВт. Для її забезпечення приймаємо до встановлення дві холодильні машини типу МХРВ-1 номінальною холодною потужністю 1000 кВт, з яких одна робоча та одна резервна.

Холодильні машини МХРВ-1 виготовляються ПАТ Одеське виробниче об'єднання «Холодмаш». Машини в рудниковому виконанні зі вибухобезпечним електроустаткуванням призначені для застосування в системах кондиціонування повітря в вугільних шахтах, небезпечних за газом, пилом і раптовими викидами.

Машина МХРВ-1 виконана двохблочною. Складається з агрегату гвинтового компресорного з мікропроцесорним блоком управління і блоку

апаратного (кожухотрубного конденсатора і кожухотрубного випарника з внутрішньотрубним кипінням), фреонові системи яких з'єднуються на місці експлуатації гнучкими шлангами. Блоки машини розбираються на окремі вузли довжиною не більше 5 м. Обладнання кожного блоку змонтовано на станині в вигляді санчат, які забезпечують пересування по підшві виробки. Машина розміщується в гірничій виробці без спеціального фундаменту і кріплення. Технічні характеристики наведені в табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Технічні характеристики холодильної машини МХРВ-1

Параметр	Значення
Холодопродуктивність номінальна, кВт в режимі з параметрами:	1000
температура холодоносія на виході, °С	3
витрата холодоносія, м <sup>3</sup> /год	71,5
температура води на виході конденсатора, °С	32
витрата води на конденсатор, м <sup>3</sup> /год	115
Частота обертання валу компресора, об/хв	3000
Споживана потужність номінальна, кВт	350
Холодоагент	R22
Мастильне масло	ХС40
Габарити машини в зборі, мм	10700×2350×2040
агрегата компресорного	4315×1980×2025
блока апаратного	5850×1500×2040
Маса машини (суха), кг	16625
агрегата компресорного з блоком управління	6825
блока апаратного	9500
Род струму	Трифазний змінний 6000 В/660 В, 50 Гц
Рівень вибухозахисту електрообладнання	ExdI1

## 2.8 Висновки

В результаті виконаних розрахунків визначено основні параметри і вибрано обладнання установки кондиціонування повітря, необхідне для нормалізації теплових умов в повітроподавальних виробках, підготовчих тупикових забоях і в лавах гор. 810 м шахти «Торецька».

Згідно з розрахунками сумарна потрібна холодильна потужність пунктів охолодження повітря склала 713,8 кВт. Для її забезпечення до встановлення прийняті дві холодильні машини МХРВ-1 (одна робоча і одна резервна).

Розрахунки витрати холодоносія на пункти охолодження, поверхні теплообміну і вибір типу і числа повітроохолоджувачів, а також розрахунки діаметрів ділянок трубопровідної мережі розподілу холодоносія виконані за двома методиками: інженерною і оптимізаційною за критерієм мінімуму витрат на спорудження та експлуатацію установки.

У варіанті, розрахованому за інженерною методикою, потужність, споживана насосами циркуляції холодоносія в трубопровідній мережі, склала 118,7 кВт, а у варіанті, розрахованому за оптимізаційною методикою, - лише 30,6 кВт, що говорить про високу енергетичну ефективність оптимального варіанту. Оптимізація вибору параметрів та режимів повітроохолоджувачів і трубопровідної мережі забезпечила також менші капітальні витрати на спорудження установки в оптимальному варіанті у порівнянні з альтернативним технічно допустимим варіантом, отриманим за інженерною методикою розрахунку.

Таким чином, виконана в даній роботі оптимізація проєктних параметрів забезпечує економію витрат як на спорудження, так і експлуатацію спроектованої установки кондиціонування повітря в гірничих виробках гор. 810 м шахти «Торецька».

### **3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ПРОМИСЛОВА БЕЗПЕКА**

#### **3.1 Небезпеки, обумовлені застосуванням шахтних систем кондиціонування повітря**

##### **3.1.1 Небезпека ураження холодильним агентом**

В прийнятих в проєкті холодильних машинах МХРВ-1 за холодоагент використовується фреон R22, який є відносно нешкідливим і безпечним, тому що не горить, не вибухає і практично не отруйний. Однак в певних аварійних ситуаціях може створювати для оточуючих небезпеку:

задухи через нестачу кисню в повітрі (при концентрації фреону в повітрі понад 20% за об'ємом);

травмування в разі руйнування судин, вузлів, болтових з'єднань і інших елементів холодильних машин, що знаходяться під тиском;

обмороження в разі потрапляння рідкого холодоагенту на незахищені ділянки тіла;

отруєння продуктами розкладання фреону в разі зіткнення його парів з відкритим полум'ям.

##### **3.1.2 Небезпека ураження шкідливими речовинами**

Обслуговуючий персонал може зазнавати впливу шкідливих речовин, що використовуються в якості експлуатаційних матеріалів.

До них відносяться розчинники, інгібітори, хлористий кальцій, соляна кислота, кальцинована сода, їдкий натрій. Ці речовини при необережному поводженні вражають дихальні шляхи, очі і інші незахищені ділянки тіла.

### **3.1.3 Небезпека простудних і професійних захворювань**

Загроза простудних захворювань виникає для осіб, які перебувають в зоні великих перепадів температур в місцях охолодження повітря.

### **3.1.4 Небезпека впливу шуму**

Персонал, який обслуговує холодильне обладнання, піддається впливу шуму, створюваного холодильними компресорами, насосами, пневмодвигунами, вентиляторами. Тривала дія на організм інтенсивного шуму може послужити причиною деяких професійних захворювань нервової системи, судин, серця, шлунково-кишкового тракту. Особливо несприятливий вплив на людину робить шум високих тонів, створюваний турбокомпресорами, осьовими вентиляторами і пневмодвигунами.

## **3.2 Організаційні заходи з охорони праці при експлуатації шахтних установок кондиціонування повітря**

На кожну стаціонарну і пересувну установку кондиціонування повітря повинен бути проєкт, виконаний в установленому порядку. Не допускається приймання в експлуатацію установок при наявності відступів від проєкту, не погоджених з проєктною організацією.

Механіком дільниці, що експлуатує холодильну техніку (механіком холодильної установки), розробляється і головним інженером шахти затверджується інструкція з безпечного обслуговування обладнання. Дана інструкція повинна враховувати місцеві умови експлуатації холодильного обладнання та відображати правила пуску, зупинки і технічного обслуговування холодильних агрегатів, обов'язки чергового машиніста, дії

обслуговуючого персоналу при виникненні аварійних ситуацій або аварії, заходи з надання долікарської допомоги потерпілим.

Самостійне технічне обслуговування шахтного холодильного обладнання дозволяється особам, які досягли 18-річного віку, які мають посвідчення про закінчення спеціального навчального закладу або курсів по експлуатації холодильних установок, а також посвідчення про присвоєння II кваліфікаційної групи з техніки безпеки. Всі знову прийняті на роботу машиністи незалежно від їх стажу і кваліфікації проходять інструктаж з техніки безпеки і правил надання долікарської допомоги.

Періодична перевірка знань персоналу, який обслуговує холодильне обладнання, проводиться не рідше одного разу на рік спеціальною комісією, затвердженою головним інженером шахти.

Наказом по шахті призначається особа, відповідальна за правильну і безпечну експлуатацію холодильної установки, а також своєчасний технічний огляд посудин, що знаходяться під тиском.

На ділянці, що здійснює експлуатацію установки кондиціонування повітря, повинен бути наявний повний комплект технічної документації.

У будівлі (камері) стаціонарної холодильної станції на видному місці повинні бути вивішені: інструкція з безпечної експлуатації холодильного обладнання, інструкція з надання долікарської допомоги, номери телефонів установ та осіб, кому слід повідомляти про виникнення аварії, технологічна схема холодильної установки, принципова схема холодильної станції, схема електропостачання і автоматизації.

У будівлі (камері) холодильної станції повинні знаходитися засоби індивідуального захисту (ізолюючі протигази, діелектричні рукавички, рукавиці, захисні окуляри, діелектричні килимки та ін.), А також аптечка, укомплектована засобами для надання медичної допомоги.

На шахті повинні бути заведені книги обліку роботи холодильних машин (пересувних кондиціонерів), в яких черговий персонал періодично

записує температурний режим холодильних машин (кондиціонерів), температуру підшипників компресора, редуктора і електродвигуна, рівень холодоагенту в апаратах, параметри холодоносія і конденсаторної води та інші експлуатаційні показники. У ці ж книги заносять час пуску і зупинки холодильних машин, число відпрацьованих годин, несправності обладнання, відомості про усунення несправностей, розпорядження керівного інженерно-технічного персоналу. При експлуатації повністю автоматизованих холодильних машин записи в книзі обліку їх роботи проводять не рідше одного разу на добу.

Електрообладнання шахтних холодильних установок експлуатується відповідно до ПБ і Правилами технічної експлуатації вугільних і сланцевих шахт (ПТЕ).

Камери для холодильних машин повинні відповідати таким вимогам:

- повинні влаштовуватися суцільні пожежні двері. Біля входу камери вивішується знак "Стороннім вхід не допускається", а в камері на видному місці укріплені відповідні попереджувальні плакати;
- має бути два виходи, розташованих в найбільш віддалених одна від одної частинах камери;
- між машинами і апаратами в камерах повинні бути залишені проходи, достатні для транспортування машин і апаратів при їх ремонті або заміні, але не менше 0,8 м. З боку стін камер повинні залишатися монтажні проходи завширшки не менше 0,5 м;
- якщо не потрібен доступ до машин або апаратів з тильної та бокової сторони для обслуговування, монтажу і ремонту, їх можна встановлювати впритул один до одного і стіни камери.
- відстань між верхньою частиною апарата та покрівлею має бути не менше 0,5 м.

У камерах повинен забезпечуватися не менш ніж 5-кратний обмін повітря в годину. У гірничих виробках, в які надходить холодоагент від

запобіжних клапанів холодильного обладнання, вміст парів холодоагенту R22 не повинен перевищувати  $0,35 \text{ кг/м}^3$ .

Забороняється влаштування підземних складів для холодоагентів, а також зберігання посудин з холодоагентом в гірничих виробках. Допускається зберігання запасу холодоагенту в ресивері, використовуваному в складі ресиверної станції.

Доставка в шахту судин з холодоагентом повинна проводитися в спеціально обладнаних вагонетках з дотриманням запобіжних заходів і при наявності пристосувань, що виключають удари, падіння і пошкодження судин.



## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра обґрунтована виконано проєкт установки кондиціонування повітря в гірничих виробках шахти «Торецька» ДП «Торецьквугілля».

У проєкті прийнята схема з централізованим виробленням холоду в підземній станції холодильних машин і передачею його у вентиляційний струмінь в повітроохолоджувачах, розташованих на виробничих ділянках шахти.

Розрахунок режимів роботи, вибір типу і числа повітроохолоджувачів, визначення діаметрів трубопроводу на ділянках мережі розподілу холодоносія зроблені за допомогою комп'ютерних програм, що реалізують методику оптимізації параметрів за критерієм мінімуму приведених витрат на спорудження та експлуатацію установки кондиціонування в цілому.

Розрахунки показали, що для нормалізації теплових умов у виробках чотирьох виробничих ділянок, що включають очисні і суміжні тупикові підготовчі забої) горизонту 810 м, до вентиляційного струменю необхідно в чотирьох пунктах охолодження підвести холодильну потужність 714 кВт. Пункти охолодження розташовуються на дільничних відкаточних штреках на видаленні від лав не більше ніж 50 м. Для вироблення холоду прийняті дві холодильних машини типу МХРВ-1, з яких одна робоча і одна резервна. Відведення теплоти конденсації холодоагенту холодильних машин передбачається на вихідний струмінь за допомогою форсункових водоохолоджувачів.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Правила безопасности в угольных шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10. – 2010. – 255 с.
2. Методика проектирования систем кондиционирования воздуха в шахтах со стационарными холодильными машинами: ВОМ 79-1Ш / Минуглепром СССР, Днепрогипрошахт, ИГТМ АН СССР. – Днепропетровск, 1983. – 194 с.
3. Проектирование і эксплуатация шахтных систем кондиционирования воздуха / Ю.А. Цейтлин, Т.Г. Абрамова, В.І. Могилевский, В.Ф. Ройтман, В.К. Черниченко. – М.: Недра, 1983. – 261 с.
4. Методические указания по автоматизированному проектированию шахтных установок кондиционирования воздуха / Сост. Ю.І. Оксень. – Днепропетровск: ГГА Украины, 1997. – 30 с.
5. Цейтлин Ю.А. Установки для кондиционирования воздуха шахт. – М.: Недра, 1974. – 167 с.
6. Руководство по применению установок кондиционирования воздуха в глубоких шахтах / МакНИИ. – Макеевка-Донбасс. – 1980. – 297 с.

**ДОДАТОК А. Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи**

<b>№</b>	<b>Формат</b>	<b>Позначення</b>	<b>Найменування</b>	<b>Кількість аркушів</b>	<b>Примітка</b>
1					
2			Документація		
3					
4	A4		Пояснювальна записка	59	
5					
6			Графічні матеріали		
7					
8	A1		Схема гірничих виробок	1	
9	A1		Схема установки кондиціонування повітря	1	
10	A1		Технічні характеристики установки	1	



## ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу бакалавра на тему:  
Проект установки для кондиціонування повітря шахти в умовах  
ВП «Шахта «Торецька» ДП «Торецьквугілля»  
студента групи 184-17ск-1 ММФ Столицького Станіслава Михайловича

Завдання на кваліфікаційну роботу безпосередньо пов'язане з об'єктом діяльності бакалавра за освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств» – проектуванням та експлуатацією енергомеханічних комплексів, систем і технологій гірничих підприємств.

Робота присвячена поліпшенню теплових умов праці шахтарів шляхом штучного охолодження повітря в виробках виробничих ділянок.

Актуальність обраної теми зумовлена підвищеною температурою повітря в очисних та тупикових вибоях шахти, яка стримує інтенсифікацію гірничих робіт та добич вугілля, погіршує здоров'я працівників.

Зміст роботи відповідає стандартам вищої освіти та дескрипторам НРК.

Оригінальність проекту полягає у застосуванні методики оптимального проектування шахтних установок кондиціонування повітря, завдяки чому спроектована установка відповідає критерію мінімуму приведених витрат на спорудження та експлуатацію установки.

Практичне значення результатів проекту полягає у отриманні за рахунок оптимізації суттєвого економічного ефекту, який обумовлений зниженням як капітальних витрат, так і витрат на споживану електричну енергію.

Розрахунки, що підтверджують працездатність спроектованої установки, виконані за допомогою комп'ютерних програм.

Оформлення пояснювальної записки виконано з невеликими відхиленнями від стандартів.

Ступінь самостійності виконання кваліфікаційної роботи задовільна.

Комплексна оцінка кваліфікаційної роботи – 90 балів («відмінно»).

Керівник кваліфікаційної роботи,  
доцент кафедри гірничої механіки

Ю.І. Оксень

## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра на тему:

Проект установки для кондиціонування повітря шахти в умовах ВП «Шахта  
«Торецька» ДП «Торецьквугілля»

студента групи 184-18ск-1 ММФ Столицького Станіслава Михайловича

Кваліфікаційна робота студента гр. 184-18ск-1 ММФ С.М. Столицького виконана на 59 сторінках і складається із вступу, двох основних розділів, що розкривають суть роботи, висновків, переліку посилань з 6 використаних джерел.

Робота спрямована на розв'язання актуальної для шахти «Торецька» проблеми нормалізації температурних умов праці шахтарів.

Робота в умовах підвищених температур призводить до погіршення здоров'я працюючих, зниження продуктивності праці але штучне охолодження рудникового повітря потребує значних коштів. Тому позитивним моментом даної кваліфікаційної роботи є використання автором сучасної методики проектування установок для кондиціонування повітря шахт, яка дозволяє визначити оптимальні значення проєктних параметрів за критерієм мінімуму приведених витрат на спорудження і експлуатацію цих установок.

В роботі також ретельно розглянуті питання з охорони праці та безпеки експлуатації установок для кондиціонування повітря шахт

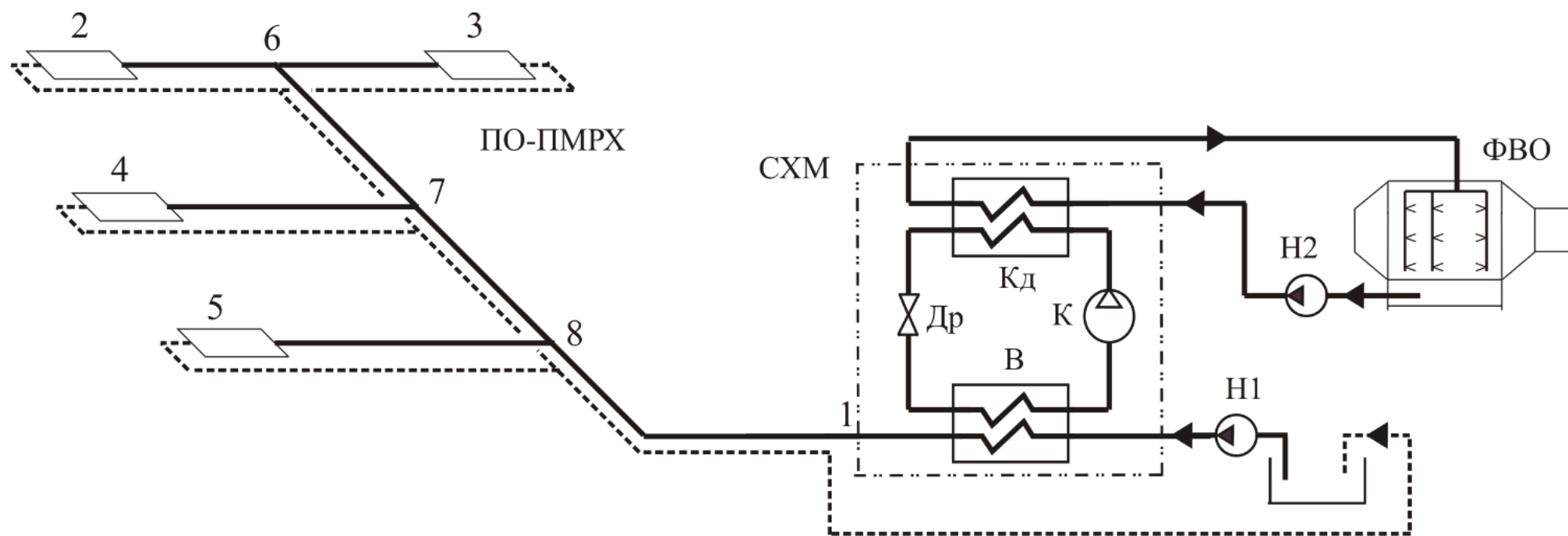
В цілому, робота відповідає вимогам, що пред'являються до кваліфікаційних робіт бакалаврів за освітньо-професійною програмою «Енергомеханічні комплекси гірничих підприємств», та заслуговує оцінки 90 балів («відмінно»).

Завідувач кафедри інжинірингу та дизайну  
в машинобудуванні,  
д-р техн. наук, проф.

Заболотний К.С.



# СХЕМА УСТАНОВКИ ДЛЯ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ ШАХТИ

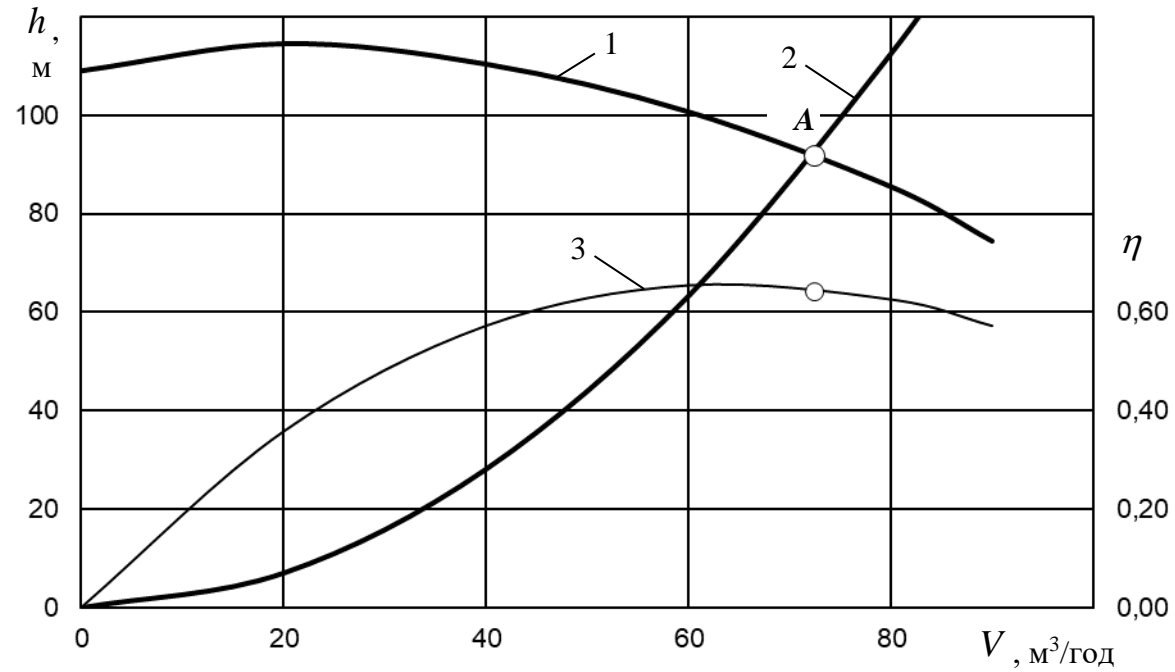


ПО-ПМРХ – підсистема розподілення холодоносія; СХМ – станція холодильних машин; К – компресор; Кд – конденсатор; Др – дросель; В – випарник; Н1, Н2 – насоси; ФВО – форсунковий водоохолоджувач



# НАСОСИ ЦИРКУЛЯЦІЇ ВОДИ В ПМРХ

Насоси ЦНС-60 50...250 (4 робочих колеси), 1 робочий і 1 резервний  
. Частота обертання валу 1475 об/хв



- 1 – напірна характеристика насоса
- 2 – напірна характеристика зовнішньої мережі
- 3 – характеристика ККД насосу

# ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЄКТУ

Параметри	За методикою оптимізації	За інженерною методикою
Потрібна холодильна потужність, кВт	713,8	690,7
Температура води на вході в ПМРХ, °С	7,0	
<b>Повітроохолоджувачі</b> тип, кількість	АРВП-4 – 2шт АРВП-2 – 4шт	АРВП-4 – 4шт.
сумарна площа поверхні теплообміну, м <sup>2</sup>	1392 (2·278+4·209)	1112 (4·278)
Витрата холодоносія (води) сумарна, м <sup>3</sup> /год	71,3	117,0
<b>Трубопроводи</b> тиск умовний $p_y$ , МПа	1,6	2,5
довжина сумарна, м, за діаметрами		
$D_y = 80$ мм	2250	2800
$D_y = 100$ мм	1710	800
$D_y = 150$ мм	4440	4800
Потрібний напір насосів, м	89,3	240,4
Споживана насосами електрична потужність, кВт	30,6	118,7
<b>Холодильні машини</b> тип, кількість	МХРВ-1 (1 робоча і 1 резервна)	

