

УДК 621.51:621.5.012:685.0114

**В.В. Лобода**, канд. техн. наук

Науково-дослідний інститут гірничої механіки ім. М.М.Федорова

**ДЕЯКІ АСПЕКТИ РОЗРОБКИ ПІДЗЕМНИХ МОБІЛЬНИХ  
ВЗАЄМОЗВ'ЯЗАНИХ СИСТЕМ ВИРОБЛЕННЯ  
ПНЕВМОЕНЕРГІЇ**

*Представлено результати аналізу стану поверхневого пневмоенергетичного комплексу вугільних шахт крутого падіння. Показано альтернативний шлях виробки пневмоенергії в підземних умовах шахт та схема роботи підземної модульної компресорної станції (ПКС) підвищеної продуктивності. Наведено результати розробки і досліджень мобільної шахтної компресорної установки підвищеної пожежовибухобезпеки.*

**Ключові слова:** пневмоенергія, компресор, підземна компресорна станція, технологія, вугільна шахта.

*Проблема і її зв'язок з науковими і практичними задачами.*

На шахтах крутого падіння України пневмоенергія є основним видом енергії, яка використовується для живлення підземних пневмоспоживачів. На виробку пневмоенергії споживається десятки мільйонів кВт год. електроенергії стаціонарними компресорами.

В теперішній час більш ніж 80% парку стаціонарних компресорів на поверхні вугільних шахт повністю виробило свій ресурс. Велика кількість крупних компресорів знаходиться в експлуатації більш ніж 25-30 років. При цьому оновлення та капітальний ремонт парку не проводиться тому, що на Україні тривалий час шахтні компресорні установки великої продуктивності не випускалися, а закуповувалися в Росії та інших країнах. Зараз більшість з них знято за виробництва, а відсутність коштів не дозволяє їх купувати в необхідному об'ємі.

Ситуація погіршується також великими втратами стислого повітря (до 60-70%) в вельми протяжних та зношених пневмомережах, що потребують значних втрат на ремонт та заміну.

Як показала практика, заходи, що застосовуються для зменшення витоків стислого повітря в пневмомережах не забезпечують істотного зниження невиробничих втрат електроенергії на повневіх компресорних станціях. ККД пневмомережі на багатьох шахтах менш ніж 6%. В зв'язку з чим підвищення енергоефективності пневмоенергетичного комплексу шахт крутого падіння виявляється надто важливою і актуальною задачею.

***Аналіз досліджень та публікацій.***

В роботі [1] представлені результати аналізу стану шахтних стаціонарних установок і ряд технічних рішень спрямованих на підвищення ефективності їх роботи. В роботі [2] розглянуті можливі варіанти економії енергоресурсів при використанні пневмоенергії на вугільних шахтах. Автори роботи [3] приводять результати досліджень експлуатації і розглядають перспективи застосування гвинтових компресорних станцій на шахтах. В роботі [4] приведені результати досліджень і вказані особливості застосування в шахтах гвинтових компресорів «сухого стиснення» які працюють без використання нафтових масел в процесі вироблення пневмоенергії. В публікаціях до теперішнього часу не розглядалося питання комплексного вирішення задачі підвищення ефективності роботи пневмо-енергетичного комплексу шахт з використанням мобільних систем вироблення пневмоенергії.

***Постановка задачі.***

Дана стаття присвячена подальшому розвитку досліджень по створенню нових технологій і засобів для підвищення ефективності і безпеки ведення гірничих робіт при виробленні пневмоенергії на вугільних шахтах. Основною задачею даної роботи є вдосконалення високоефективної технології і засобів вироблення пневмоенергії в підземних умовах шахт за рахунок застосування мобільних гвинтових компресорних установок і мобільних підземних компресорних станцій, максимально наближених до підземних пневмоспоживачів.

***Викладання матеріалу і результати.***

Альтернатива існуючим схемам виробки та каналізації пневмоенергії – розробка нових технологій виробки пневмоенергії в підземних умовах та створення пересувних станцій підвищеної безпеки, максимально наближених до підземних пневмоспоживачів.

НДІГМ імені М.М.Федорова виконав комплекс досліджень по створенню технологій виробки пневмоенергії в підземних умовах шахт за допомогою підземних компресорних станцій (ПКС) підвищеної продуктивності. Більше 10 років на шахті імені В.В.Вахрушева ДП «Ровенькиантрацит» під авторським наглядом НДІГМ імені М.М.Федорова експлуатувався, розроблений інститутом експериментальний зразок ПКС-1Е продуктивністю  $75 \text{ м}^3/\text{хв}$ , що складається з 3-х компресорних модулів ВВ-25 продуктивністю  $25 \text{ м}^3/\text{хв}$  кожен.

При відпрацюванні технології виробки стиснутого газу в підземних умовах випробовувалися варіанти систем повітрязабору, охоло-

джування і управління ПКС. На технологію вироблення пневмоенергії в підземних умовах та конструкцію підземної компресорної станції з конструктивними рішеннями, направленними на підвищення її ефективності і безпеки експлуатації, отримані патенти України і Росії [5, 6, 7].

Удосконалена технологія роботи підземної компресорної станції переважно з компресорами, що послідовно розміщені у гірничій виробці, шляхом забирання всмоктувального повітря з атмосфери, охолодження робочої рідини в охолоджувачах, які підключені до колектору, з'єднаному з ємкістю, щодо збирання охолоджуючої рідини /води/, що циркулює в замкнутій системі, стравлювання стиснутого повітря із порожнин станції в атмосферу, відрізняється від відомої тим, що повітря, яке усмоктується до кожного компресора, відбирають з колектора з самоочищувальним повітряним фільтром, вхід якого розташовують на свіжому (з більш низькою температурою) струмені повітря, а рідину із системи охолодження подають до додаткового водяного охолоджувача, який підключають до колектора з холодною водою, що забирається з протипожежного ставу, а стравлювання в атмосферу стиснутого повітря із порожнин компресорної станції проводять через вологовідмежувач-розширювач в потік повітря, що йде із виробки, в якому розташована підземна компресорна станція. Холодну воду для охолодження рідини, що циркулює в замкнутій системі, можна також забирати з водовідливної канавки, що проходять по виробці, в якій розміщена підземна компресорна станція.

Подача до усмоктування кожного компресора очищеного повітря з більш низькою температурою і забезпечення циркуляції рідини із зниженою температурою в системі охолодження компресорів підвищує продуктивність і ефективність роботи кожного компресора і станції в цілому.

Очищення і охолодження стиснутого повітря, що стравлюється із порожнин компресорної станції, і випускання його до струменя, що відходить із виробки або безпосередньо в вихідний струмінь шахти, поліпшує санітарно-гігієнічні умови на робочому місці.

Вищеназвана технологія була реалізована на шахті «Глибока» ВО «Ростоввугілля» за допомогою підземної станції ПКС-1, яка розташована в відокремленій виробці і складається з 3-х гвинтових компресорних установок ВВ-25 продуктивністю  $25 \text{ м}^3/\text{хв}$  кожна, а також в проекті підземної компресорної станції ПКС-45 (шахта «Південно-донбаська» №3 ДП ДВЕК). В проекті ПКС-45 було передбачено за-

стосування 3-х шахтних компресорних установок УКГШ-15/7, які випускаються концерном «Укрросметал». Схему розташування ПКС в шахті наведено на рисунку 1.

Компресорні установки /модулі/ ВВ-25 переобладнані для застосування в шахті і розташовані в гірничій виробці послідовно, при цьому система всмоктування кожної з них підключено до загального повітряно-забірного колектора, на вході якого міститься самоочищувальний фільтр типу КД-1100, розташований на свіжому струмені повітря.

Таким чином забезпечується підведення до кожного компресора свіжого (із зниженою температурою) необхідного об'єму повітря.

Виходи стравлювальних і запобіжних клапанів, а також розвантажуючий трубопровід кожної компресорної установки підключені до стравлювального трубопроводу, на виході з якого розташовується вологовідмежувач-розширювач, його встановлюють на вихідному струмені з виробки або безпосередньо на вихідному струмені шахти.

Вологовідмежувач - розширювач уявляє з себе ємкість з фільтруючими елементами. Повітря, що стравлюється, розширюється в місткості і охолоджується, а коли проходить через фільтруючий елемент, очищається від краплинної вологи.

Таким чином, усунуто забруднення і розігрів атмосферного повітря в кожній компресорній установці.

Охолоджувачі робочої рідини, що розташовані на кожній компресорній установці, підключені трубопроводами до колекторів, в яких циркулює охолоджуюча вода, яка забирається насосом з спеціальної місткості.

Циркулююча в системі вода охолоджується в теплообміннику, через який пропускається холодна вода, що подається із протипожежного става або іншим чином.

Передбачено і варіант охолодження тепла обмінника за рахунок занурення його в ємкість з холодною водою, що підходить водовідливною канавкою, яка проходить по виробці.

Таким чином, забезпечується додаткове охолодження циркулюючої в системі охолоджуючої рідини і поліпшується тепловий режим роботи компресорних установок і станції в цілому, що підвищує її ефективність.

В гірничу виробку з ПКС подається свіжий струмінь повітря, який після проходження послідовно розташованих компресорних

установок стає отпрацьованим, і потім через збійку подається на вихідний струмінь повітря з шахти (див. рисунок 1).

Таким чином, робота підземної компресорної станції по розробленій НДІГМ імені М.М.Федорова технології практично не впливає на забруднення або підогрів свіжого струменя повітря, що йде по виробкам безпосередньо до добувних та прохідницьких діляниць.

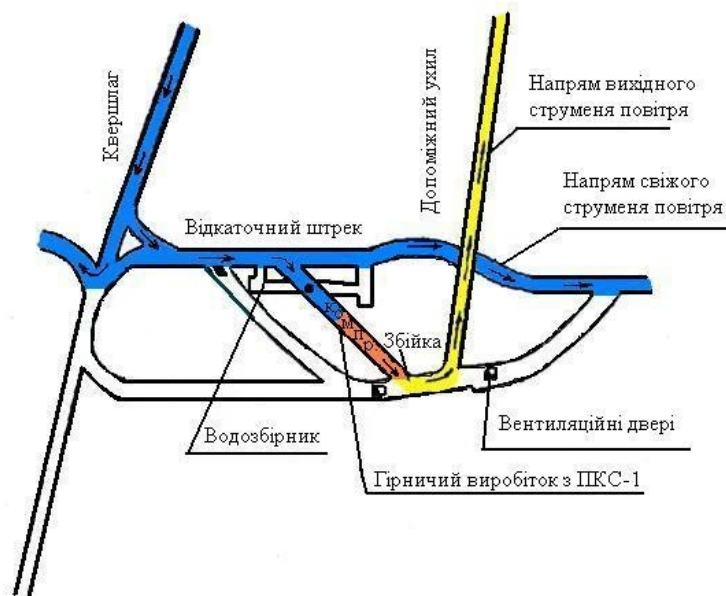


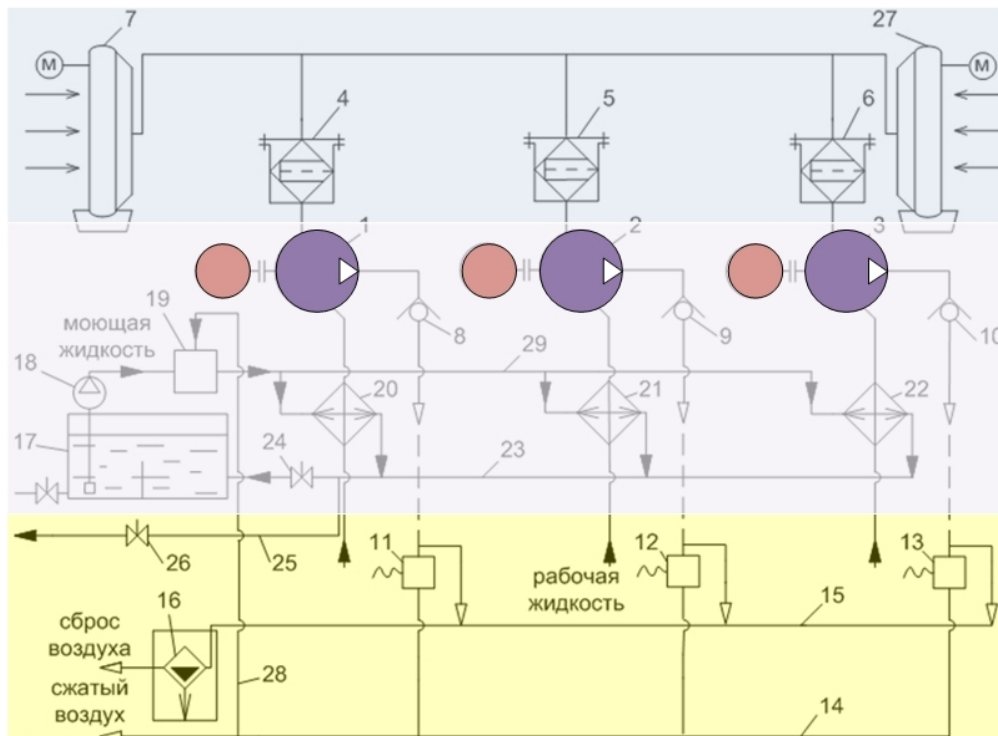
Рис. 1. - Схема розміщення ПКС в шахті

Успішне вирішення задач багато в чому залежить від заходів, пов'язаних не тільки з вдосконаленням компресорних установок і станцій, але також і з вдосконаленням системи пневмопостачання шахти в цілому, під яким підрозумівають скорочення (у 2-3 рази) витоків стиснутого повітря, підвищення його якості, введення обліку, нормування і диспетчерського контролю тиску і споживання повітря окремими ділянками шахти, з автоматичним перерозподілом повітря між ними.

Створені технологічні схеми роботи ПКС передбачають системи автоматичного керування і контролю, мета яких полягає в тому, щоб забезпечити надійну експлуатацію та технологічні режими роботи компресорних агрегатів, залежно від споживання стиснутого повітря без постійної присутності обслуговуючого персоналу.

Для ефективного впровадження розробленої технології з вироблення пневмоенергії в підземних умовах НДІГМ ім. М.М.Федорова провів додаткові роботи з вдосконалення підземних модульних компресорних станцій шляхом зміни схеми забору повітря, системи охолодження компресорів та лінії нагнітання; забезпечивши підвищення

ефективності і безпеки роботи компресорної станції, зниження забруднення і температури довколишнього середовища (рисунок 2).



1, 2, 3 – компресори; 4, 5, 6 – повітряний фільтр;  
7 – повітрозабірний пристрій

Рис. 2. – Схема підземної модульної компресорної станції

У підземній модульній компресорній станції, що міститься в гірничій виробці з відокремленим провітрюванням, водовідливною канавкою та протипожежним ставом передбачено технологічні та конструктивні відзнаки [7]:

- змінено схему забору повітря;
- змінено схему охолодження охолоджувальної рідини;
- передбачено охолодження стисненого повітря в нагнітальній мережі;
- змінено систему втручання повітря.

Введено в схему ПКС нові конструктивні елементи: вискоєфективний загальний колектор усмоктуваного повітря; гнучкі патрубки з'єднання повітряних фільтрів компресорів із загальним колектором усмоктуваного повітря; самоочисний фільтр; водяний колектор; додатковий охолоджувач води, що циркулює в зовнішній системі; загальний стравлювальний колектор; водо-масловіддільник-розширювач та інше.

Крім того, ПКС може мати клапани мінімального тиску; відсічні клапани (керовані вентиля); розвантажувальні трубопроводи; при необхідності місткість у підшві виробки, з'єднане з водовідливною канавкою; вологовіддільник та охолоджувач стиснутого повітря.

Для зменшення температури води в охолоджувальній системі і температури робочої рідини у системі змащення та робочій порожнині компресора з метою підвищення ефективності та безпеки роботи компресорів, водяний колектор підключено до додаткового охолоджувача води, циркулюючої у зовнішній системі охолодження, який підключено до протипожежного ставу.

Для забезпечення очищення стравлюваного стиснутого повітря і відведення його на вихідний вентиляційний струмінь, з метою поліпшення екології і санітарних умов робочих місць на виході стравлювального колектору встановлено водомасло-віддільник - розширювач, розміщений на вихідному струмені повітря з гірничої виробки.

Розроблена технологія виробки пневмоенергії за допомогою ПКС підвищеної продуктивності дозволяє замінити зношений парк вельми енергоємних та неефективних поверхневих компресорних станцій вугільних шахт та підвищити якість пневмоенергії у підземних споживачів.

В даний час НДІГМ імені М.М.Федорова спільно з НВАТ «ВНДІкомпресормаш» приступили до опрацювання питань створення ПКС для шахт крутого падіння ДП «Артемвугілля», на якому витрачається до 70% електроенергії на виробку стислого повітря.

Останніми роками спільні зусилля вчених НДІГМ імені М.М.Федорова і НВАТ «ВНДІкомпресормаш» були направлені на створення шахтних пересувних компресорних установок підвищеної пожежовибухобезпеки, які можливо застосовувати в якості модулів ПКС.

Концепція створення такої техніки отримала особливий розвиток з 2000 року, коли була розроблена і освоєно серійне виробництво першої на Україні гвинтової шахтної пересувної компресорної установки УКГШ-5/7. Достатньо надійна конструкція цієї компресорної установки дозволила на 70÷80% замінити зношений парк компресорних установок ЗІФ-ШВ-5М Російського виробництва.

Проте з ряду причин компресорні установки УКГШ-5/7 і ЗІФ-ШВ-5М не могли бути використані при проходженні тупикових гірничих вироблень, в яких вугільні шахти широко почали застосовувати анкерне кріплення. Для ефективного використання цього типу

кріплення гірничих вироблень був потрібен тиск стислого повітря  $0,55 \div 0,6$  МПа на пневмомеханізмах, що могло бути забезпечене тільки при розташуванні компресорів в безпосередній близькості від місця ведення гірничих робіт.

У 2010 році за технічним завданням, затвердженим Мінвуглепромом України, була розроблена шахтна гвинтова компресорна установка УКГШ-7,5/7У5Т, спеціально призначена для тупикових гірничих вироблень. При її створенні були враховані результати досліджень в тупикових виробленнях шахт «Ювілейна» і «Павлоградська» експериментальних зразків шахтних гвинтових пересувних компресорних установок УКГШ-5/7(Т), переобладнаних для роботи в цих виробленнях.

Основною відмінною особливістю нової компресорної установки УКГШ-7,5/7У5(Т) є те, що в її конструкції застосовані автономна автоматична система пожежогасіння і контролю газу метану, які розташовані під кожухом установки.

Загальний вид цієї компресорної установки показаний на рисунку 3.

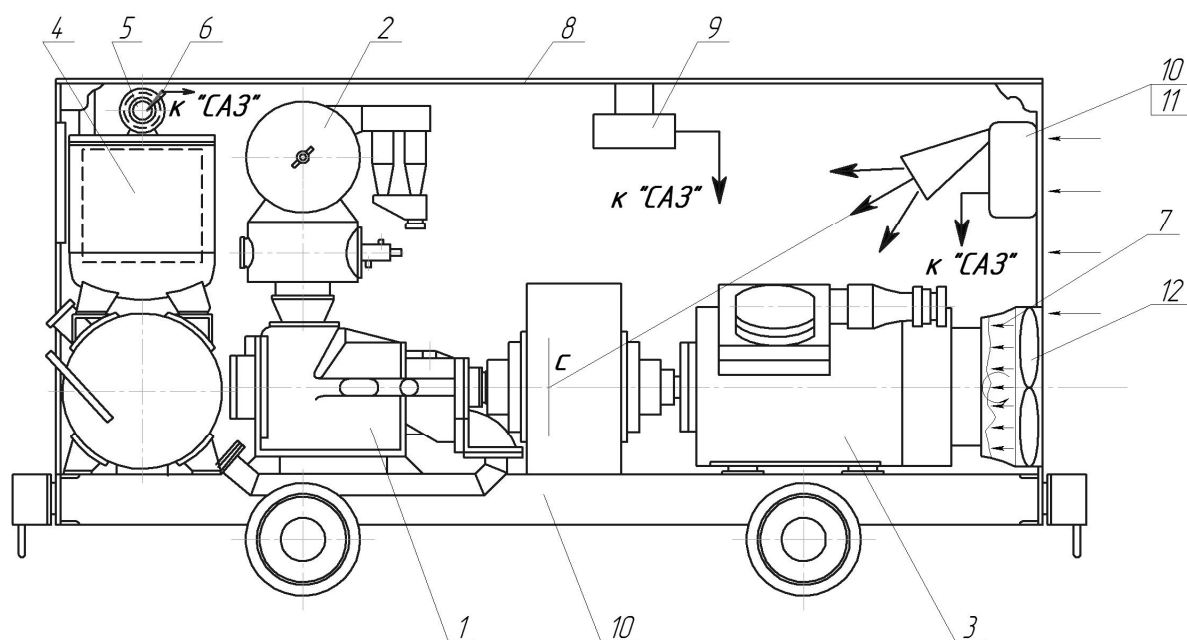
Попередні випробування УКГШ-7,5/7У5Т на заводі-виробнику, а потім випробування цієї установки на стендах НДІГМ імені М.М.Федорова і МакНДІ в аварійних режимах підтвердили можливість її застосування в тупикових виробленнях шахт.

Так захист компресорної установки від перевищення температури під її кожухом понад  $93^{\circ}\text{C}$  і появи газу метану більше 0,5% забезпечувала чітке відключення установки, і запобігало тим самим виникненню пожежовибухонебезпечної ситуації.

Приймальні випробування цієї компресорної установки були проведені на шахті «Добропільська» ДП «Добропіллявугілля». Установка була розміщена у вентиляційному штреку 7-ої північної лави пласта m5 горизонту 450 м., стисле повітря від установки подавалося в забій штреку для живлення пневмомеханізмів, зокрема обслуговуючих установки для зведення анкерного кріплення. Запилена в штреку при роботі всіх пневмомеханізмів коливалася від 30 до  $600 \text{ мг/м}^3$ , причому повітря містило різні фракції пилу, у тому числі і більше 30 мкм (див. таблицю 1)

Аналіз даних, приведених в таблиці, показує, що для ефективного очищення всмоктувального повітря в компресор бажано застосувати двохкаскадну систему із ступенями грубого і тонкого очищення повітря.





1 - гвинтовий компресор; 2 - повітряний фільтр; 3 - електропривод; 4 - масловіддільник; 5 - роздаточна труба; 6 - датчик системи контролю 3; 7 - охолоджувач; 8 - кожух; 9 - датчики системи контролю газу метану; 10, 11 - модулі автономної автоматичної системи пожежега-сінні; 12 - вентилятор системи охолодження

Рис. 3. – Установа компресорна шахтна пожежовибухобезпечна УКГШ-7,5/7У5Т

Таблиця 1 – Зміст фракцій пилу у відсотках (чисельник) і в мг/м<sup>3</sup> (знаменник) при різних виробничих процесах

Джерело пилоу-творення	Запоро-шена	Фракції, мкм					
		<2	2-5	5-10	10-25	25-50	>50
Перевантаження (пересип вугілля)	77	31,8	26,5	23,2	14,4	2,93	0,17
		0,024	0,316	2,46	21,6	37,6	14,8
Струмінь, витіка-ючий з лави	169	35,4	26,1	21,7	14,2	2,6	-

Під час випробувань було також встановлена доцільність засто-сування ряду додаткових елементів, наприклад кнопки “Стоп” в забої штреку для аварійної зупинки компресорної установки та ін.

За час випробувань при роботі компресорної установки УКГШ-7,5/7У5Т в гірничій виробки порушень температурного режи-му не спостерігалось. Робоча температура на нагнітанні компресора не перевищувала 85<sup>0</sup>С.

Особлива увага при подальшому вдосконаленні УКГШ-7,5/7У5Т, як показали випробування повинно бути приділено

розробці і застосуванню на ній захисту від появи отруйного газу СО в стислому повітрі і забезпеченню її працездатності при підвищеному запиленні навколишнього середовища. Крім того, бажано оснастити установку системою автоматичного контролю рівня масла або його витрати в масло системі, що необхідно при використанні розглянутих установок в якості модулів для ПКС.

Одним з важких показників, що визначають можливість застосування шахтних мобільних компресорних установок УКГШ-7,5/7 або УКГШ-15/7 та їх кількість в якості модуля для ПКС, є температурний режим у місці її розташування.

Для аналізу можливості застосування ПКС по тепловому режиму в існуючих гірничо-технічних умовах вугільних шахт було проведено обстеження ряд шахт Центрального району Донбасу (ЦРД). Результати обстеження приведені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Результати обстежень

Найменування шахти	Перетин виробок, м <sup>2</sup>	Температура вентиляційної струї, °С	Витрата повітря, м <sup>3</sup> /хв
«Павлоградська»	13,8	19	500
«Ювілейна»	15,8	20	432
ім. Героїв космосу	15,6	19	468
ім. А. Стаханова	18,3	22	520
ім. В.І. Леніна	16,0	23	837
«Півнична»	16,0	23	900
ім. О.Ф. Засядька	18,3	31	700

Тепло, що виділяється складається з наступних частин:

а) тепла, що виділяється при роботі електродвигуна внаслідок різноманітних втрат енергії в ньому, зокрема не змішування повітря вентилятором ( $Q_1$ );

б) тепла, що виділяється в компресорі внаслідок тертя деталей в підшипниках, редукторі та сальниках ( $Q_2$ );

в) тепла, що виділяється при стисканні повітря в компресорі ( $Q_3$ ); в це тепло входять втрати на дроселювання та змішування повітря при протіканні через компресор.

Тепло  $Q_1$  та  $Q_2$  повністю передається навколишньому середовищу, тепло  $Q_3$  частково передається навколишньому середовищу в місці розміщення компресора, частково уноситься повітрям в трубопровід.

Кількісні значення цього тепла виражаються наступними залежностями:

$$Q_1 = 860 \cdot N_d (1 - \eta_d) \text{ ккал/год}, \quad (1)$$

$$Q_2 = 860 \cdot N_d \cdot \eta_d (1 - \eta_{\text{мех}}) \text{ ккал/год}. \quad (2)$$

$$Q_3 = \frac{2,34 \cdot 10^{-3}}{m-1} P_1 V_1 \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}} - 1 \right] \text{ ккал/год}, \quad (3)$$

де 860 ккал/кВтч - перевідний коефіцієнт кілокалорій в кіловат-годину;

$N_d$  – електрична потужність, що підводиться до електродвигуна, кВт;

$\eta_d$  – ККД електродвигуна;

$\eta_{\text{мех}}$  – механічний ККД компресора;

$P_1$  – абсолютний тиск всмоктуваного повітря, кгс/м<sup>2</sup>;

$V_1$  – продуктивність компресора, м<sup>3</sup>/год;

$P_2$  – абсолютний тиск повітря, що нагнітається, кгс/м<sup>2</sup>;

$m$  – показник політропи повітря, що стискається;

$2,34 \cdot 10^{-3}$  – перевідний коефіцієнт килограмметрів в кілокалорії.

Показник політропи визначається з виразу:

$$\frac{T_2}{T_1} = \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{m-1}{m}}, \quad (4)$$

де  $T_1$  и  $T_2$  – температура всмоктуваного і виштовхуваного з компресора стислого повітря, К.

Електрична потужність компресорної установки УКГШ-15/7 при роботі з повною продуктивністю і кінцевим тиском 6,0 кгс/см<sup>2</sup> становить 90 кВт,  $\eta_d = 0,92$ ,  $P_1 = 10330$  кгс/м<sup>2</sup>,  $V_1 = 14,5$  м<sup>3</sup>/хв = 870 м<sup>3</sup>/ч,  $P_2 = 70000$  кгс/м<sup>2</sup>,  $T_1 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$ ,  $T_2 = 100^\circ\text{C} = 373\text{K}$ . Механічний ККД компресора, прийнятий відповідно до рівного 0,96, показник політропи, визначений з виразу (3)  $m = 1,143$ .

Підставивши відомі значення (1-3), отримуємо для однієї компресорної установки:

$$Q_1 = 860 \cdot 90 (1 - 0,92) = 6192 \text{ ккал/год (потужність 7,2 кВт);}$$

$$Q_2 = 860 \cdot 90 \cdot 0,92 (1 - 0,96) = 2848 \text{ ккал/год (потужність 3,3 кВт);}$$

$$Q_3 = \frac{2,34 \cdot 10^{-3}}{1,143 - 1} 10330 \cdot 870 \left[ \left( \frac{70000}{10330} \right)^{\frac{1,143-1}{1,143}} - 1 \right] = 39707 \text{ ккал/год}$$

(потужність 46,2 кВт)

Загальна кількість тепла, що виділяється

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 = 6192$$

Частина цього тепла, що відноситься із стислим повітрям в повітропровід, рівна:

$$Q_{\text{воз}} = C_p (T'_2 - T_1) V_i \cdot \gamma_o = \quad (6)$$

$$= 0,241(90 - 20) \cdot 870 \cdot 1,2 = 17612 \text{ ккал/год}$$

(потужність 21,2 кВт).

тут:  $C_p = 0,241$  ккал/кг·град – теплоємність повітря при постійному тиску;

$T'_2 = 90^\circ\text{C}$  – температура стислого повітря, що поступає в повітропровід після повітрозбірника компресора;

$\gamma_o = 1,205$  кгс/м<sup>3</sup> – питома вага 1 м<sup>3</sup> повітря за умов всмоктування.

Решта тепла в кількості

$$Q_{\text{ком}} = Q - Q_{\text{воз}} = 48747 - 17612 = 31135 \text{ ккал/год} \quad (7)$$

(потужність 36,2 кВт)

виділяється в місці розташування компресорної установки.

Кількість тепла, що підігріває вентиляційний струмінь в перемишці, де встановлено 3 компресори УКГШ-15/7:

$$Q_{3\text{ком}} = 31135 \cdot 3 = 93105 \text{ ккал/год (потужність 108,6 кВт).}$$

Необхідна витрата повітря в вентиляційній струї ( $V_c$ ), що омиває компресор визначена з формули:

$$Q_{\text{ком}} = C_p \cdot \Delta t \cdot 60 \cdot V_c \cdot \gamma_c, \quad (8)$$

Звідки

$$V = \frac{Q_{\text{ком}}}{C_p \cdot \Delta t \cdot 60 \cdot \gamma_c}, \text{ м}^3/\text{хв.} \quad (9)$$

Користуючись формулами (8) – (9), визначаємо допустиму витрату повітря в виробці відповідно при одному та одночасно двох працюючих компресорах УКВШ-15/7 в ПКС-45. Одна компресорна установка УКВШ-15/7 повинна знаходитись у резерві.

Дані для розрахунку ПКС-45 приведені в таблиці 3.

В таблиці 4 представлений розрахунок вентиляційної струї для семи обстежених шахт.

Таблиця 3 – Дані для розрахунку ПКС-45

Кількість працюючих установок УКГШ-15/7	$Q_1$ , кВт	$Q_2$ , кВт	$Q_3$ , кВт	$Q=\sum Q_i$ , кВт	$Q_{\text{воз}},$ в забій, кВт	$Q_{\text{ком}},$ кВт	$V_{\text{вс}},$ $\text{м}^3/\text{хв}$
одна	7,2	3,3	46,2	56,7	21,2	36,2	357
дві	14,4	6,6	92,4	113,4	42,4	72,4	714

Таблиця 4 – Розрахунок вентиляційної струї для обстежених шахт

Назва шахти	Температура вентиляційної струї в виробці, °С			Витрата вентиляційного струменя, $\text{м}^3/\text{хв}$		
	до вмикання ПКС	при роботі однієї УКГШ-15/7	при роботі двох УКГШ-15/7	до вмикання ПКС	при роботі однієї УКГШ-15/7	при роботі двох УКГШ-15/7
«Павлоградська»	19	24	24	500	357	714
«Ювілейна»	20	25	25	432	357	714
Ім. Героїв космосу	19	24	24	468	357	714
Ім. Стаханова	22	27	27	520	357	714
Ім. В.І.Леніна	23	28	28	837	357	714
«Півнична»	23	28	28	900	357	714
Ім. О.Засядька	20	31	31	700	357	714

При підігріві вентиляційної струї більш ніж на  $5^\circ\text{C}$  при роботі компресорних установок практично на всіх обстежених шахтах температура вентиляційної струї не перевищувала допустимих значень по «Правилам безпеки в вугільних шахтах».

#### **Висновки і напрямки подальших досліджень.**

1. Розроблено енергозберігаючу вдосконалену технологію виробки пневмоенергії в підземних умовах шахт.

2. На основі даної технології розроблена ефективна схема роботи підземної ПКС підвищеної продуктивності, яка була апробована на ряді вугільних шахт.

3. Впровадження розробленої технології на вугільних шахтах дозволить істотно (на 50-80%) скоротити втрати електроенергії на виробку стислого повітря та підвищити якість пневмоенергії у підземних пневмоспоживачів.

4. При проведенні подальших досліджень по вдосконаленню пневмоенергетичного комплексу шахт доцільно розробка

взаємозв'язаних мобільних систем вироблення пневмоенергії і газоподібного азоту.

Список літератури

1. Коваль А.Н. Шахтне стационарные установки: Новые технические решения / А.Н. Коваль, В.И. Мьялковский, В.В. Лобода // Уголь Украины. – 2000. – № 11.
2. Бирюков В.М. Об экономии энергоресурсов при использовании пневмоэнергии на угольных шахтах / В.М. Бирюков, В.В. Лобода // Промышленная энергетика. – 1987. – № 5. – С. 2-4.
3. Лобода В.В. Опыт эксплуатации и перспективы применения винтовых компрессорных станций на шахтах / В.В. Лобода, О.И. Адылканов, А.Н. Худяков // Сб. научных трудов НИИГМ им. М.М. Федорова. Горная механика. – 1991. – Вып. 1. – С-181-188.
4. Лобода В.В. Некоторые аспекты разработки и применения в угольных шахтах винтовых компрессоров «сухого сжатия» / В.В. Лобода // Сб. научных трудов НИИГМ имени М.М. Фёдорова. Проблемы експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок. – 2001. – Вып. 94. – С. 221-228.
5. Спосіб роботи шахтної підземної компресорної станції: патент №46051 Україна, МПК<sup>7</sup> F04C23/00, E21F17/00 / В.В.Лобода, Г.Г. Махов, А.М.Коваль, В.Й. Мьялковський, А.Г.Машиніченко, О.М.Ященко, В.М.Савицький, Ю.О. Матвеев; Науково-дослідний інститут гірничої механіки імені М.М.Федорова. - № 98031288; заявл.13.03.98; опубл. 15.05.02., Бюл. №5.
6. Підземна компресорна станція: патент № 50835 Україна, МПК<sup>7</sup> F04 C29/02, F04 C18/16 / В.В.Лобода, А.М.Коваль, В.Й. Мьялковський, Ю.О. Матвеев, М.О. Мрков, О.М.Ященко, В.М. Савицький; Науково-дослідний інститут гірничої механіки імені М.М.Федорова. - № 2000010349; заявл.21.01.00; опубл. 15.11.02., Бюл.№11.
7. Підземна компресорна станція: патент № 81127 Україна, МПК<sup>7</sup> B08 B9/032, F04 C28/00 / В.В. Лобода, С.Є. Малахов, М.Ю. Лумей, А.В. Колесник; Науково-дослідний інститут гірничої механіки імені М.М.Федорова. - № a200503256; заявл.08.04.05; опубл. 10.12.07., Бюл. №20.

Стаття надійшла до редколегії 11.11.2011.

Рецензент: д-р техн. наук, Е.І. Антонов

***В.В. Лобода. Некоторые аспекты подземных мобильных взаимосвязанных систем выработки электроэнергии. Представлены результаты анализа состояния поверхностного пневмоэнергетического комплекса угольных шахт крутого падения. Показан альтернативный путь выработки пневмоэнергии в подземных условиях шахт и схема работы подземной модульной компрессорной станции (ПКС) повышенной индуктивности.***

**Ключевые слова:** пневмоэнергия, компрессор, подземная компрессорная станция, технология, угольная шахта.

***V. Loboda. Some Aspects of the Development of Underground Mobile Interconnected Systems for Producing Pneumoenergy. The paper presents the results of the analysis of the state of the surface pneumopower complex of steep coal mines. We have shown an alternative way of obtaining pneumoenergy in subterranean mines.***

**Keywords:** pneumoenergy, compressor, underground compressor station, technology, coal mine.