**Публічне акціонерне товариство «Науково-виробниче акціонерне товариство «ВНДІкомпресормаш» (АТ «НВАТ «ВНДІкомпресормаш»)**

**РЕФЕРАТ РОБОТИ**

**«Створення компресорного устаткування нового покоління»**

висунутої на здобуття Державної премії України

у галузі науки і техніки 2015 року

Автори роботи:

|  |  |
| --- | --- |
| **Кирик**  **Григорій Васильович** | керівник роботи, доктор технічних наук, президент концерну «Укрросметал» (м. Суми); |
| **Блюсс**  **Борис Олександрович** | доктор технічних наук, професор, завідувач відділу Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ); |
| **Бондаренко**  **Герман Андрійович** | кандидат технічних наук, професор кафедри технічної теплофізики Сумського державного університету МОН України (м. Суми); |
| **Дашутін**  **Григорій Петрович** | доктор політичних наук, голова наглядової ради концерну «Укрросметал» (м. Суми); |
| **Жарков**  **Павло Євгенович** | голова наглядової ради АТ «НВАТ «ВНДІкомпресормаш» (м. Суми); |
| **Коваленко**  **Володимир Іванович** | завідувач конструкторським відділом азотних компресорних станцій і блочно-контейнерних установок ТОВ «Міжнародний інститут компресорного та енергетичного машинобудування» концерну «Укрросметал» (м. Суми); |
| **Негреба**  **Роман Захарович** | заступник директора з наукової роботи ТОВ «Міжнародний інститут компресорного та енергетичного машинобудування» концерну «Укрросметал» (м. Суми); |
| **Нестеренко**  **Олексій Григорович** | головний інженер ПАТ “Укргазвидобування” (м. Київ); |
| **Стадник**  **Олександр Дмитрович** | кандидат фізико-математичних наук, доцент кафедри фізики та методики навчання фізики Сумського Державного педагогічного університету ім. А.С. Макаренка МОН України (м. Суми); |
| **Шевченко**  **Володимир Георгійович** | доктор технічних наук, учений секретар Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (м. Дніпропетровськ). |

м. Суми – 2015

**1. АКТУАЛЬНІСТЬ І МЕТА РОБОТИ.**

Науково-дослідний і конструкторсько-технологічний інститут компресорного машинобудування (АТ «НВАТ «ВНДІкомпресормаш») та ТОВ «Міжнародний інститут компресорного і енергетичного машинобудування» (ТОВ «МІКЕМ»), які входять до концерну «Укрросметал», в тісній взаємодії з установами Національної академії наук України, вищими навчальними закладами на протязі багатьох десятків років займаються дослідженням робочих процесів і розробленням методів розрахунку режимних та конструктивних параметрів компресорного устаткування, що забезпечують його ефективне використання, створенням і впровадженням компресорного устаткування нового покоління та способів його застосування в різних галузях промисловості.

Існує необхідність у проведенні досліджень надійності компресорних машин і розробці нових композиційних матеріалів і захисних покриттів деталей, вузлів компресорного устаткування. Необхідно удосконалити методи розрахунку і конструювання теплообмінних апаратів компресорних установок для підвищення їхньої надійності, довговічності, енергоефективності, а також методи розрахунку режимних і конструктивних параметрів компресорних установок, що працюють у складних умовах. Також актуальним завданням є підвищення безпеки ведення робіт при розробці родовищ природних вуглеводнів. Важливим також є створення енергоефективного компресорного устаткування та технологій його застосування у різних галузях промисловості. Рішення даних питань дозволить розвити науково-технічні основи розробки і використання компресорного устаткування в різних галузях промисловості.

Тому, установлення закономірностей зміни параметрів робочих процесів теплообмінних апаратів компресорних установок, режимних параметрів їхньої роботи в умовах шахтних пненевмомереж, показників надійності вузлів і блоків компресорних машин, розробка засобів підвищення їхньої довговічності та енергоефективності, методів розрахунку режимних та конструктивних параметрів компресорного устаткування і способів його застосування при видобутку нафти, газу, вугілля, шахтного метану, для підвищення ефективності і безпеки процесів в інших галузях промисловості та розвиток на цій базі науково-технічних основ створення енергоефективних компресорних машин нового покоління є актуальною науковою проблемою, що має важливе значення для сталого розвитку України.

**Мета роботи** - наукове обґрунтування, створення та широке впровадження сучасного енергозберігаючого компресорного устаткування нового покоління і технологій його застосування в різних галузях промисловості.

**2. КОРОТКИЙ ЗМІСТ РОБОТИ.**

**У першому розділі** викладено сутність досліджень в області створення енергозберігаючого компресорного устаткування нового покоління.

Створенні нові композиційні матеріали деталей і вузлів компресорного устаткування. У результаті проведених досліджень втомного руйнування деталей компресорних машин установлено, що у багатьох випадках причинами руйнування деталей є відхилення від технології виготовлення заготівлі або деталі, зокрема, застосування невідповідного матеріалу або матеріалу без відповідної термообробки, виконання грубої механічної обробки поверхні деталей і т.п.

Дослідження властивостей композиційних матеріалів промислового призначення з металевою матрицею показали, що просочення наповнювачів по технічних і технологічних ознаках доцільно виконувати сплавами з температурою плавлення в діапазоні 900-1100 0С. При цьому виробництво композиційних матеріалів можна здійснювати на серійному термічному устаткуванні. Таким вимогам відповідають розплави міді та її сплавів на основі Cu-Zn, Cu-Mn, сплави типу колмоной Ni-Cr-Si, Ni-Cr-B, Co-Cr-Si. Легування сплавів зазначених основ дозволяє цілеспрямовано управляти структуроутворенням і забезпечувати весь комплекс механічних властивостей композиційного матеріалу - міцність, пластичність, в'язкість, твердість, корозійну і абразивну зносостійкість.

У результаті застосування композиційних матеріалів з металевою матрицею встановлено, що формування композиційного матеріалу просоченням розплаву металу порошку в технологічній формі в стані вільного засипання або розміщеного на поверхні у вигляді шару пасти дозволяє створювати різноманітні технічні конструкції спеціального призначення.

Розроблено і випробувано металевий порошок для термічного нанесення покриття на основі перехідних металів, що містить хром, залізо і нікель, який відрізняється тим, що він додатково містить кремній, бор, при наступному співвідношенні компонентів, мас. %: хром - 8-14; кремній - 2,5-3,2; бор - 1,5-2,5; залізо - 4-6; нікель - інше, при цьому фракційний склад порошку перебуває в межах 30-55 мкм. Розроблено виріб із двошаровим покриттям. Розроблено установку для нанесення захисних покриттів на деталі, що дозволяють продовжити експлуатаційні параметри компресорних машин. Показано, що межа утоми і межа міцності вузлів шахтних компресорних установок лінійно збільшуються в 1,5-2 рази при нанесенні двошарових покриттів з композиційних матеріалів досягаючи значень відповідно 430 та 1160 МПа.

Виконано фундаментальні розробки в області створення методів розрахунку і конструювання теплообмінних апаратів компресорних установок.

Дослідження конструкції теплообмінної поверхні пластинчато-ребристих теплообмінників (ПРТ) показали: при переміщенні теплоносіїв у каналах насадки, виготовленої з металевої стрічки прокаткою роликами або штампуванням, формуються стійкі ламінарні потоки. Теплообмін ділянок, що прилягають до поверхні насадки, з ядром потоку відбувається за рахунок теплопровідності теплоносія. У робочих (гарячих) каналах ПРТ, у яких переміщається теплоносій з низькою теплопровідністю, насадка із гладкою поверхнею знижує ефективність теплообміну. Розсічення ламінарного контактного шару дозволяє активно інтенсифікувати теплообмін. Розсічення зі зрушенням стінок гофр істотно інтенсифікує теплообмін і в газовому потоці.

Проведено дослідження особливостей теплообмінної поверхні ПРТ із металевої сітки. Аналіз результатів експериментів показує, що наявність припаяної насадки із сітки істотно підвищує міцність каналу.

Здійснено вибір матеріалу для пластинчато-ребристих теплообмінників. Для охолодження масла, повітря робочі канали пластинчато-ребристого елемента (ПРЕ) формуються з листової сталі Ст.3 товщиною 1 мм. У конструкціях ПРЕ з насадкою зі сталі 10Х18Н9 лист робочого каналу повинен містити вуглець у кількості не менш 0,2 %. У цьому випадку можливе виконання пайки із застосуванням в якості припою фольги з міді. Листи робочих каналів при експлуатації піддаються атмосферної корозії з боку охолодного повітря. Товщину листа вибирають, з огляду на робочий тиск і умови корозійного руйнування.

Досліджено особливості застосування сталі 20X13 для паяних ПРТ. Проведені дослідження показали, що сталь 20X13 дозволяє за допомогою термічної обробки паяних ПРЕ одержати міцні та корозієстійкі ПРТ. Розроблено технологію усунення дефектів у ПРТ за допомогою герметиків. Представлена технологія усунення дефектів за допомогою герметиків застосовна і для паяних трубчастих теплообмінників.

Проведено випробування теплообмінних апаратів. На стадії розробки і освоєння нової конструкції теплообмінного апарата, що включає нові теплообмінні поверхні, нові теплоносії або нове їхнє сполучення, дослідні зразки випробовують на стендах. На стендах застосовуються дві схеми випробувань: охолодження гарячого теплоносія водою; охолодження гарячого теплоносія повітрям.

Розроблено методику зіставлення характеристик теплообмінних апаратів. За даною методикою проводили порівняння маслоохолоджувачів з поверхнею на стороні повітря із дротового спірального оребрення і гладкої гофрованої насадки великої компактності. На стороні масла у всіх теплообмінників застосовувалася катана насадка із дротяної сітки з однаковою геометрією.

Виконано фундаментальні розробки по вдосконаленню методів розрахунку режимних параметрів компресорних установок. Вдосконалено методи регулювання компресорів. При зменшенні або збільшенні витрати повітря відповідно збільшується або зменшується тиск нагнітання компресора, значення якого можуть вийти за діапазон припустимих значень. Припустимі межі по тиску встановлюються виходячи з вимог нормальної роботи споживачів і мережі, а також особливостей роботи компресора. Найбільш економічний спосіб регулювання режиму роботи компресора є комбінованим, тобто складається зі сполучення повторно-короткочасного режиму «включення-вимикання» і умовно-безперервного режиму з переходом на холостий хід і назад. Необхідно уникати як надмірно довгих фаз холостого ходу, так і занадто коротких зупинок.

Виконано моделювання нестаціонарних режимів течії потоків, що несуть суспензію, у трубопровідних системах «компресор-гірниче технологічне устаткування». Отримано диференціальні рівняння, що описують рух аеросуміші в трубопроводі та технологічних ємностях аспіраційно-знепилюючих систем різних видів, з урахуванням властивостей аеросуміші, акустичних властивостей технологічного устаткування, компресорів і трубопроводів.

**У другому розділі** викладено відомості про розроблені способи і засоби підвищення ефективності розробки родовищ вуглеводнів на основі енергозберігаючого компресорного устаткування.

Розроблено азотну компресорну станцію для генерування інертного газового середовища на основі азоту для забезпечення технологічних процесів у нафтовидобувній, газовій, нафтопереробній, нафтохімічній промисловості. Виготовлена станція блочно-модульного виконання для цілодобового виробництва 50 000 м3/добу газоподібного азоту для сайклінг процесу на Котелевскому газоконденсатному родовищі. Комплекс устаткування забезпечує одержання з атмосферного повітря газоподібного азоту концентрацією не менш 99 % з його наступним накачуванням у свердловину газоконденсатного родовища під тиском до 250 бар.

Розроблені дотискні гвинтові компресорні станції паливного газу типу СГВ для живлення газотурбінних електростанцій, що містять магістраль подачі стисненого газу в компресорний агрегат з ділянкою дослідження вхідних параметрів газу і фільтром. На Більському газоконденсатному родовищі реалізований проект гвинтової газової компресорної установки СГВв 315-20/035-25 У1, що забезпечує відбір газу із семи низьконапірних газових свердловин із залишковим тиском 1,1-2,0 кгс/см2, відбір попутного нафтового газу від наявної на родовищі установки сепарації нафти, газу із танків зберігання і стабілізації газового конденсату, а також смолоскипового газу, наявного на родовищі. Газ компримується в мережу споживача з тиском 17-25 кгс/см2. За перший рік експлуатації здійснений додатковий видобуток 12,0 млн. м3 газу. Також введено в експлуатацію дві аналогічні компресорні станції СГВв 315-20/0,5-24 У1 на нафтогазовому родовищі «Кенлик» у Республіці Казахстан, де вони подають попутний газ на електростанцію ЕГ-6000 виробництва підприємства «Мотор Січ».

Розроблено способи одержання і транспортування попутного нафтового газу за допомогою компресорних станцій СКГ. Розроблено компресорну станцію СКГ-127/6-12 УХЛ1, головним елементом якої є поршнева компресорна установка 6ГШ2.5-19/6-12С. Станція дозволяє одержувати попутний нафтовий газ тиском 12 кгс/см2, що застосовується у технологічних процесах нафтогазовидобувної промисловості, а також для інших операцій.

Для інтенсифікації геологорозвідувальних робіт і видобутку на газо- нафтоносних родовищах розроблена і випробувана нова пересувна компресорна станція СД 30/120 продуктивністю 30 м3/хв., тиском 12 МПа. Станція, розташована на шасі вантажного повнопривідного автомобіля КАМАЗ-63501, складається із двох дизельних двигунів ЯМЗ -7511 і двох компресорів - гвинтового маслозаповненого CF-180G2 для стиску повітря до 1,5 МПа і поршневого компресора 6ВШ2,5-2,1/14-120 для стиску повітря від 1,5 до 12 МПа.

Розроблено компресорне устаткування для нафтогазової галузі:

- для евакуації газу з магістральних газопроводів використані установки компресорні серії ВВ повітряні із гвинтовим компресором і приводом від електродвигуна, продуктивністю від 23 до 100 м3/хв. і кінцевим абсолютним тиском 8-10 кгс/см2;

- комплекс устаткування для термогазового впливу на нафтовий пласт БКУ-20/35 У1;

- комплект устаткування для утилізації попутного нафтового газу;

- системи пожежогасіння і заміщення повітря на азот для магістральних газових станцій (проект для ЦС 4 КС «Опорна»);

- для ремонту нафтових і газових свердловин великої глибини застосовані станції АМВП-17/25У1, призначені для одержання з атмосферного повітря азоту з концентрацією 95 % під високим тиском;

- для ремонту і очищення магістральних нафтопроводів застосовані компресорні станції, створювані на базі устаткування АГНКС-45, АГНКС-60, АГНКС-75 призначені для подачі природного газу (метану);

- установка блочно-компресорна БКУ-60/32 У1 призначена для забезпечення технологічних потреб випробувального центра трубопровідного устаткування, матеріалів і технологій ВАТ «Газпром» (Російська Федерація) для створення тиску у випробній дільниці трубопроводу.

На підприємствах вугільної промисловості України впроваджені установки компресорні шахтні УКВШ-7,5/7; УКВШ-10/7: УКВШ-15/7; розробки у кількості 1148 установок продуктивністю 7,5–15 м3/хв. Установки експлуатуються з 2001 року.

Розроблено установки для інертизації атмосфери, попередження і гасіння пожеж у гірничих виробках, гвинтові компресорні станції для одержання газоподібного азоту.

Запропоновано модель виділення метану в тупиковому виробітку і визначений час досягнення вибухонебезпечної концентрації. При стаціонарному процесі швидкість надходження газу у виробку збігається зі швидкістю виносу газу з виробки, однак надходить у виробку чистий метан, а виноситься метаноповітряна суміш.

Виконано моделювання процесів поділу повітря в половолоконих модулях, що дозволило оптимізувати конструкцію газороздільних модулів азотних мембранних компресорних станцій.

Наведено опис системи віддаленого моніторингу азотних компресорних станцій, дані характеристики розроблених контролерів, а також характеристики системи віддаленого моніторингу.

Розроблено спосіб ліквідації початкової стадії підземних пожеж у діючій або в зупиненій виробці.

Виготовлена фахівцями АТ «НВАТ «ВНДІкомпресормаш» станція АМВП -15/0,7 С У1 успішно пройшла заводські випробування на підприємстві - виготовлювачі і приймальні випробування в замовника (державне підприємство «Макіївугілля»). Наприкінці 2003 р. станція АМВП-15/0,7 С У1 була застосована при гасінні пожежі на одній із шахт ДП «Ровенькиантрацит». Оперативно доставлена на місце аварії, станція успішно зарекомендувала себе в реальних умовах пожежогасіння, подавши в гірничу виробку (зону горіння) 62 000 м3 азоту. За допомогою станції АМВП-15/0,7 С У1 пожежа була ліквідована протягом 72 годин.

Розроблена контейнерна газоутилізаційна установка УКГ-5/8 призначена для утилізації шахтного газу діючих і закритих шахт шляхом його спалювання в спеціальній камері і запобігання цим його виділення в атмосферу.

Проаналізовано взаємозв'язок структури, проникності і сорбційні властивості вугілля, що містить метан.

Викладено аспекти комплексного рішення проблем безпеки при розробці родовищ вуглеводнів. Застосування нового компресорного устаткування: станцій азотних мембранних гвинтових пересувних АМВП у процесах видобутку вугілля для запобігання і гасіння підземних пожеж, установок компресорних газоутилізаційцних УКГ для утилізації шахтного метану і запобігання його вибухів, азотних компресорних станцій при бурінні, освоєнні, інтенсифікації, ремонті газових та нафтових свердловин, розкритті продуктових газо-нафтоносних пластів дозволяє в комплексі вирішувати проблему безпеки при розробці родовищ вуглеводнів.

Розроблені смарт-системи керування, візуального контролю параметрів, захисних блокувань, захисного відключення локальних компресорних установок на базі контролерів компаній Siemens, Schneider-Electric, ComAp, Allen-Bradley та ін. Виконано моделювання безаварійної роботи гірників та безпечного керування процесом видобутку при використанні смарт-систем керування і візуального контролю параметрів шахтних компресорних систем.

**У третьому розділі** викладено досвід застосування енергоефективних компресорних машин у різних галузях промисловості.

Розроблено технології термостатування аерокосмічних апаратів. Розроблено робочий проект і виготовлений мобільний кондиціонер транспортної системи термостатування для подачі термостатуючого повітря із заданими параметрами в головний обтічник ракети-носія «Зеніт-2SLБ» і «Зеніт-3SLБ», а також при їхньому транспортуванні на об'єкти підготовки і запуску ракети-носія.

Розроблено технології утилізація і когенерації звалищного газу установками УКГ, що вирішують проблему викидів в атмосферу забруднюючих органічних речовин.

Розроблено компресорні установки для бурових станків, які застосовуються у гірничорудної промисловості.

Розроблено гвинтові компресорні станції серії ВВП для виробітку стисненого повітря і постачання ним пневматичних інструментів і механізмів для технологічних потреб при проведенні будівельно-монтажних і дорожніх робіт. Продуктивність гвинтових компресорних станцій - від 2 до 20 м/хв.

Наведено принципову схему одержання газоподібного азоту методом мембранного і адсорбційного поділу повітря.

Викладено досвід застосування азотних машин при консервації і зберіганні продуктів переробки в харчовій галузі, застосування газоподібного азоту на фрукто- і овочесховищах, для зберігання зернових культур, у масложировій промисловості, для пакування харчових продуктів у нейтральному середовищі.

Розроблено станції азотні переносні для різних галузей промисловості: машинобудування, енергетики, металургії, фармацевтичній галузі, хімічної галузі, коксохімії. Станції застосовані для підготовки під налив пропан-бутаном вагонів-цистерн. Вироблюваний станцією газоподібний азот подається в цистерни для витиснення кисню до залишкового вмісту 1 % і надлишкового залишкового тиску 0,5- 0,7 кгс/см2.

Розроблено і виготовлено комплексні системи охолодження різного технологічного устаткування (компресорні і турбодетандерні установки, системи підготовки газу, бурові установки, прохідницькі комбайни та ін.) на базі ефективних рекуперативних теплообмінників пластинчато-ребристого, пластинчастого і трубчастого типу з робочим тиском середовища до 50 МПа.

**Створено системи утилізації і рекуперації тепла.** Система рекуперації вбудовується в масляний контур компресора і складається, як правило, з теплообмінника «масло-вода» (можливе застосування додаткового теплообмінника «повітря-вода»), запірно-регулюючої арматури, циркуляційного насоса (при необхідності) і з’єднувальних трубопроводів.

Розроблено компресорну техніку для рухомого складу залізничного транспорту. Освоєне серійне виробництво уніфікованих поршневих компресорів типу ПК. Компресори ПК-1,75А, ПК-3,5А, ПК-5,25А - двоступінчасті поршневі з V-образним розташуванням циліндрів і повітряним охолодженням.

**3. НАУКОВА НОВИЗНА.**

Розвинуті наукові основи створення нових композиційних матеріалів деталей і вузлів компресорного устаткування; одержані нові фундаментальні розробки в області створення методів розрахунку і конструювання теплообмінних апаратів компресорних установок; вдосконаленні методи розрахунку режимних параметрів компресорних установок.

**Основні наукові результати полягають в наступному.**

- уперше встановлені закономірності підвищення надійності і довговічності деталей та вузлів компресорних установок від складу і товщини шару нових композиційних матеріалів, визначений їхній вплив на межу втомної міцності, швидкість корозії, твердість, модуль пружності і час напрацювання на відмову компресорних установок; отриманий подальший розвиток закономірності появи відмов різноресурсних вузлів і блоків компресорних машин за час їхньої експлуатації в умовах шахт;

- розроблено методи розрахунку і конструювання теплообмінних апаратів компресорних установок: коефіцієнта теплопередачі, ефективності площі поверхні теплообміну, ефективності оребрення, еквівалентного діаметра, з урахуванням площі вільного перетину одного каналу, площі повної поверхні теплообміну одного каналу, робочої довжини поверхні теплообміну в каналі та ін. Уперше встановлені закономірності зміни коефіцієнта теплопередачі ПРТ шахтної компресорної установки від втрати тиску, швидкості повітря в каналі; питомих теплових потоків сталевого ПРТ від питомої потужності на прокачування повітря, що дозволило визначити раціональну товщину проставочного листа і припуск по товщині листа на компенсацію корозії ПРТ, що працює у вологій атмосфері вугільної шахти;

- удосконалено методи розрахунку режимних і конструктивних параметрів компресорного устаткування, що дозволяють визначити тривалість циклів «нагнітання - холостий хід» компресорної установки з урахуванням об’єму, тиску повітря і його витрати, а також дозволяють вибрати параметри теплообмінника компресорної установки: коефіцієнт теплопередачі і втрати тиску повітря зі зміною швидкості повітря в каналі теплообмінника, що забезпечує підвищення надійності та ефективності застосування компресорного устаткуванні при видобутку вугілля та шахтного метану. Уперше встановлені закономірності зміни режимних параметрів компресорної установки: тривалості циклів «нагнітання - холостий хід», частоти спрацьовування регулюючої пневмосистеми від об’єму мережі; закономірності тиску повітря для мережі середньої та великої довжини від його витрати;

- уперше встановлені закономірності зміни інтенсивності газового потоку при дифузійних процесах, що забезпечуються накачуванням пересувними азотно-мембранними компресорними станціями азоту в газонасичений вуглепродний масив, від середньої швидкості молекул і їхньої маси;

- уперше виконане моделювання процесів поділу повітря в половолоконих мембранних елементах для оптимізації роботи пересувних азотних мембранних компресорних станцій. Установлено залежності розподілу тиску по довжині половолоконих мембран, по довжині волокна в міжволоконому просторі; залежності продуктивності газороздільних мембранних блоків від концентрації й температури;

- вперше розроблено методичні основи розрахунків нестаціонарних режимів течії потоків, які несуть суспензію, що дозволило встановити залежності декрементів пульсації швидкості та коливань тиску в технологічних ємностях від властивостей матеріалу, що транспортується і аеросуміші, акустичних і витратно-напірних характеристик компресорів та елементів аспіраційно-знепилюючих систем гірничих підприємств;

- вперше виконано моделювання безаварійної роботи гірників та безпечного керування процесом видобутку при використанні смарт-систем керування і візуального контролю параметрів шахтних компресорних систем та встановлені закономірності зміни ймовірності безаварійної роботи гірників від ресурсу часу реалізації рішення, показників рівня повноти і достовірності інформованості при використанні смарт-систем керування та візуального контролю параметрів шахтних компресорних систем.

**4. ПРАКТИЧНА ЗНАЧИМІСТЬ.**

**Розроблено способи і засоби розробки родовищ вуглеводнів на основі енергозберігаючого компресорного устаткування.**

1. Запропоновано і реалізовано комплексний підхід до використання компресорної техніки та спеціалізованих установок для гірничорудної галузі, що полягає у виключенні із пневмоенерегетичного комплексу шахти центральної компресорної станції і використані компресорних машин у вугільних вибоях, включаючи тупикові виробки; використані контейнерних газоутилізаційних установок для дегазації вугільних пластів і наступному використанні добутого метану, що одночасно дозволяє зменшити техногенні викиди парникових газів; використанні спеціальних теплонасосних установок для практичного застосування енергії шахтного водовідливу.

2. Розроблено мембранні компресорні машини для розділення повітря і одержання газоподібного азоту; обґрунтовано параметри компоновочної схеми азотних установок при створенні двоступінчастої машини на тиск до 40 атм із гвинтовим і поршневим компресорами.

3. Запропоновано нові технології збільшення метановіддачі вугільних пластів з використанням азотних мембранних гвинтових пересувних станцій.

4. Розроблені нові технології, композиційні матеріали і покриття, що підвищують надійність і довговічність вузлів та деталей компресорних машин.

5. Розроблено сучасні засоби автоматики, керування, віддаленого моніторингу компресорних машин і спеціалізованого устаткування для забезпечення їх безпечної і енергоефективної роботи.

6. Розроблені енергоефективні компресорні для розробки родовищ вуглеводнів:

- спроектовані мембранні азотні установки для попередження і гасіння пожеж у гірничих виробках, вугільних шахтах, а також для реалізації технологій підвищення метановіддачі вугільних пластів;

- розроблена гвинтова шахтна компресорна установка;

- розроблена установка для дегазації підземних пластів;

- розроблена станція для утилізації шахтного газу;

7. Розроблено способи застосування компресорного устаткування:

- способи видобутку метану, розущільнення і дегазації вуглепородного масиву;

- спосіб ліквідації початкової стадії підземних пожеж у діючій, або в зупиненій виробці.

**Розроблено енергоефективні компресорні машин для різних галузей промисловості.**

1. Розроблено робочий проект і виготовлений мобільний кондиціонер транспортної системи термостатування для подачі термостатуючого повітря із заданими параметрами в головний обтічник ракети-носія.

2. Розроблено технології утилізація і когенерації звалищного газу установками УКГ.

3. Розроблено компресорні установки для бурових станків для гірничорудної промисловості.

4. Розроблено гвинтові компресорні станції серії ВВП для виробітку стисненого повітря і постачання ним пневматичних інструментів і механізмів для технологічних потреб при проведенні будівельно-монтажних і дорожніх робіт.

5. Розроблено станції азотні переносні для різних галузей промисловості: машинобудування, енергетики, металургії, фармацевтичній галузі, хімічній галузі, коксохімії. Станції також застосовані для підготовки під налив пропан-бутаном вагонів-цистерн.

6. Розроблено і виготовлено комплексні системи охолодження різного технологічного устаткування на базі ефективних рекуперативних теплообмінників пластинчато-ребристого, пластинчастого і трубчастого типу. **Створено системи утилізації і рекуперації тепла.**

7. Розроблено компресорну техніку для рухомого складу залізничного транспорту: уніфіковані поршневі компресори типу ПК та компресорні установки ВВ.

*Реалізація основних результатів роботи.*

1. На підприємствах вугільної промисловості України впроваджені установки компресорні шахтні УКВШ-7,5/7; УКВШ-10/7; УКВШ-15/7 у кількості 1148 установок продуктивністю 7,5-15 м3/хв. Установки експлуатуються з 2001 року. Шахтні компресорні установки типу УКВШ мають більше високий рівень пожежної безпеки, чим застосовувані раніше установки ШВ-5. За час експлуатації не було зафіксовано жодного випадку загоряння, що мало місце при експлуатації попередніх компресорних установок інших типів.

2. У воєнізованих гірничорятувальних загонах (1 ВГРЗ м. Горлівка, 3 ВГРЗ м. Макіївка, 4 ВГРЗ м. Луганськ, 5 ВГРЗ м. Красний Луч, 6 ВГРЗ м. Торез, 7 ВГРЗ м. Краснодон, 8 ВГРЗ м. Павлоград, Львівсько-ВолинськомуВГРЗ м. Червоноград, ОВГРЗ м. Донецьк) впроваджені станції азотні мембранні гвинтові пересувні АМВП-15/0,7 У1 в кількості 9 станцій продуктивністю 15 м3/хв. Станції експлуатуються з 2004 року. Станції АМВП-15/0,7 У1 застосовані для гасіння пожеж на шахтах ВП «Шахта ім. М.І. Калініна» ДП «ДУЕК», ПАТ «Шахта ім. О.Ф. Засядька», шахта ім. Ф.Е. Дзержинського ДП «Ровенькиантрацит», ВК «Краснолиманська». Усього станціями вироблено 12 625 325,00 м3 азоту. Загальний наробіток склав 12536 годин. Фактичний економічний ефект, отриманий за 10 років експлуатації 9 станцій АМВП-15/0,7 В1, тільки за рахунок збереження устаткування і ліквідації втрат у видобутку вугілля, склав близько 2 млрд. грн., при цьому було збережено більше 1000 робочих місць.

3. На шахтах «Молодогвардійська», «Самсонівська-Західна» ПАТ «Краснодонвугілля» впроваджені установки компресорні газоутилізаційні УКГ-5/8 у кількості 3-х установок продуктивністю 1551 м3/год. Установки експлуатуються з 2008 року. Усього за допомогою установок утилізовано 21 627 079,00 м3 газу метану. Загальний наробіток склав 57160 годин. Фактичний економічний ефект, отриманий за 6 років експлуатації 3-х установок УКГ-5/8, за рахунок зниження емісії метану в атмосферу, реалізації положень Кіотського протоколу, склав 19 млн. грн.

4. Розроблено, затверджено і уведено в дію нормативно-технічний документ - Стандарт Мінвуглепрому України. Правила використання газоподібного азоту для попередження і локалізації підземнихпожеж (СОУ 10.1.202020852.001:2006) (Наказ Міністра вугільної промисловості України від 27 серпня 2007 року № 336).

5. На Більському газоконденсатному родовищі реалізований проект гвинтової газової компресорної установки СГВв 315-20/035-25 У1, що забезпечує відбір газу із семи низьконапірних газових свердловин із залишковим тиском 1,1-2,0 кгс/см2, відбір попутного нафтового газу від наявної на родовищі установки сепарації нафти, газу із танків зберігання і стабілізації газового конденсату, а також смолоскиповий газ, наявний на родовищі. Також введено в експлуатацію дві аналогічні компресорні станції СГВв 315-20/0,5-24 У1 на нафтогазовому родовищі «Кенлик» у Республіці Казахстан, де вони подають попутний газ на електростанцію ЕГ-6000 виробництва підприємства «Мотор Січ».

6. З 2001 р. по теперішній час на об'єкти експлуатації було поставлено більше 210 компресорних установок для бурових станків, застосовуваних у гірничорудній промисловості на ГЗК України, Росії, Білорусії, Казахстану, Узбекистану, Туркменістану, Монголії.

7. За станом на липень 2014 р. виготовлено більше 550 одиниць гальмових гвинтових компресорних установок ВВ-3,5/10, які успішно експлуатуються на електровозах 2ЕС6 і 2ЕС10 виробництва ТОВ «Уральські локомотиви» (Росія), електровозі ЗЕС5К виробництва ТОВ «КК «Новочеркаський електровозобудівний завод» (Росія), тепловозах ЧМЕ-ЗМ, модернізованих компанією «ZOS Zvolen» (Словаччина) разом з ТОВ «Тепловозоремонтний завод» (м. Полтава) та ін.

**Кількість публікацій, патентів, в т.ч. міжнародних, захищених дисертацій та інша інформація, яка характеризує роботу.**

Результати роботи опубліковано в більш ніж 100 друкованих працях (з яких більше 10 в міжнародних виданнях та виданнях, які входять міжнародні наукометричні бази), у т.ч. 7 монографіях, в більше ніж 50 патентах; галузевому стандарті; захищено 4 докторських і 5 кандидатських дисертацій.

Автори роботи:

Кирик Г.В.

Блюсс Б.О.

Бондаренко Г.А.

Дашутін Г.П.

Жарков П.Є.

Коваленко В.І.

Негреба Р.З.

Нестеренко О.Г.

Стадник О.Д.

Шевченко В.Г.