УДК 621.515

Р. В. СТАРОВОЙТ , аспірант
Криворізький національний університет

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО УТИЛІЗАЦІЇ НИЗЬКОПОТЕНЦІЙНОГО ТЕПЛА ШАХТНИХ КОМПРЕСОРНИХ УСТАНОВОК

В умовах зростання вартості енергоресурсів та необхідності зниження антропогенного навантаження на довкілля особливої актуальності набувають механіко-енергетичні аспекти підвищення ефективності роботи промислового обладнання. Одними з найбільш енергоємних елементів гірничодобувних підприємств є шахтні компресорні установки, робота яких супроводжується значними втратами енергії у вигляді тепла, що виділяється в процесі стискання повітря, тертя в проточних частинах та гідравлічних опорах систем охолодження. У традиційних схемах конструкції компресорних агрегатів (з проміжними та кінцевими повітроохолоджувачами) відведене тепло розсіюється через градирні, що свідчить про низький рівень використання вторинних енергетичних ресурсів та недостатню досконалість тепломеханічних процесів у системі.

З позицій механіки та термодинаміки підвищення ефективності компресорних установок досягається шляхом удосконалення схем відбору та перетворення теплової енергії, що генерується внаслідок стискання робочого тіла. Найбільш перспективними є теплонасосні та когенераційні системи утилізації тепла, які інтегруються у конструкцію компресорних агрегатів та їх допоміжного обладнання. Для оцінки ефективності таких систем застосовується ексергетичний аналіз, що дозволяє врахувати необоротність реальних процесів, пов'язаних з теплообміном, гідродинамічними втратами та механічними опорами. Ключовим показником є ексергетичний ККД, який відображає ступінь перетворення підведеної енергії приводу в корисні форми – енергію стисненого повітря, теплову та електричну енергію.

Результати дослідження свідчать, що з точки зору комплексної механіко-енергетичної ефективності найбільш доцільною є когенераційна схема утилізації тепла, яка забезпечує максимальне використання потенціалу стисненого повітря та енергії робочих процесів у компресорі. Ексергетичний ККД такої системи у теплофікаційному режимі досягає 0,713, що перевищує показники традиційної (0,645) та теплонасосної (0,624) схем. Це обумовлено більш раціональним розподілом енергетичних потоків та зменшенням втрат у механічних та теплотехнічних елементах системи.

Разом з тим встановлено, що найбільші втрати ексергії припадають на теплообмінне обладнання – конденсатори, випарники та повітроохолоджувачі, де мають місце значні температурні напори та необоротності процесів теплообміну. З механічної точки зору це пов'язано з недосконалістю конструкцій теплообмінних поверхонь, неефективною організацією потоків теплоносіїв та наявністю гідравлічних опорів. Тому підвищення ефективності систем утилізації тепла вимагає оптимізації геометрії теплообмінників, інтенсифікації теплообміну, зменшення втрат тиску та вдосконалення режимів роботи компресорного обладнання.

Для України впровадження таких рішень є особливо актуальним з огляду на високий рівень зношеності компресорного парку та значну енергоємність гірничо-металургійного комплексу. Модернізація шахтних компресорних станцій шляхом інтеграції систем утилізації тепла дозволяє не лише підвищити їх механічну та енергетичну ефективність, але й знизити навантаження на енергосистему підприємств. Використання теплонасосних агрегатів забезпечує ефективне залучення низькопотенційного тепла у системи теплопостачання, тоді як когенераційні установки дозволяють реалізувати комбіноване виробництво енергії без суттєвого ускладнення конструкції базових агрегатів.

Інтеграція механічно досконалих систем утилізації тепла у структуру енергетичних комплексів підприємств сприяє підвищенню ресурсу обладнання, зниженню теплових навантажень на вузли компресорів, а також підвищенню загальної надійності систем. Поєднання таких рішень із сучасними технологіями керування, акумулювання енергії та відновлюваними джерелами формує основу для створення високоефективних гібридних енергомеханічних комплексів.

Таким чином, удосконалення механічних та теплотехнічних характеристик шахтних компресорних установок шляхом впровадження систем утилізації тепла, зокрема когенераційних, є ефективним напрямом підвищення енергоефективності та надійності роботи промислових підприємств України.