

УДК 621.515.1

О.В. ЗАМИЦЬКИЙ, д-р техн. наук, проф., О.В. ІЛЬЧЕНКО, асист.

Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ СУЧАСНИХ МЕТОДІВ ОХОЛОДЖЕННЯ СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ В ТУРБОКОМПРЕСОРАХ

Мета роботи. Визначення та обґрунтування ефективної системи охолодження стисненого повітря в турбокомпресорах.

Методи дослідження. У роботі використані теоретичні методи дослідження (аналіз, синтез, абстрагування, узагальнення).

Наукова новизна. Отримали подальший розвиток закономірності процесів, які протікають при контактному охолодженню стисненого повітря в турбокомпресорах.

Практичне значення. Пневматична енергія широко застосовується в багатьох галузях промисловості. Поряд з паром, електрикою, механічною і гідравлічною енергією стиснене повітря використовується для автоматизації і механізації різних виробничих процесів. Для виробництва стисненого повітря у промислових масштабах використовують в основному турбокомпресори. Обов'язковою умовою нормальної експлуатації турбокомпресорів є охолодження стисненого повітря, цим досягається істотне зменшення необхідної потужності. Частіше всього використовують кожухотрубні теплообмінники, але в процесі експлуатації відбувається погіршення ефективності через забруднення теплообмінних поверхонь. Перспективними охолоджувачами є контактні теплообмінники. Розроблено рекомендації щодо промислового використання контактної системи охолодження з режимом охолодження та осушення стисненого повітря, принцип роботи якої полягає у безпосередньому контакті стисненого повітря та охолоджуючої води. Вода впорскується в повітропровід компресора після кожної секції стиснення і тим самим охолоджує повітря. Відділення води відбувається у спеціальних краплеуловлювачах, які встановлені перед наступною секцією. Вода при такому способі охолодження може бути нагріта лише до температури мокрого термометра за умов (температури, тиску і вологості повітря). Основною перевагою цього способу є висока інтенсивність теплообміну через відсутність розділяючих поверхонь схильних до забруднення накипом. Недолік – дещо ускладнена, порівняно із традиційною, схема водопостачання.

Результати. В результаті аналізу літературних джерел встановлено, що перспективним апаратом контактного охолодження стисненого повітря в турбокомпресорах є труба Вентурі – відцентровий сепаратор, так як поєднує в собі високий тепломасообмін і відносно невеликий гідравлічний опір. Але раціональні параметри контактних повітроохолоджувачів визначено тільки для номінального режиму роботи турбокомпресора при нормальних початкових умовах, тому необхідні додаткові дослідження для встановлення раціональних параметрів контактних повітроохолоджувачів при режимах відмінних від номінальних.

Ключові слова: стиснене повітря, турбокомпресор, система охолодження, контактний повітроохолоджувач, труба Вентурі, газ, рідина.

doi: 10.31721/2306-5451-2021-1-53-107-112

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. При експлуатації турбокомпресорів, обладнаних кожухотрубчастими охолоджувачами повітря, відбувається швидке погіршення ефективності охолодження повітря, пов'язане з інтенсивним забрудненням теплообмінних поверхонь повітроохолоджувачів. Це призводить до зміни характеристик неоохолоджених секцій, що супроводжується зниженням продуктивності турбокомпресорів і збільшенням їх енерговитрат. Тож розробка ефективної системи охолодження турбокомпресора є актуальним завданням.

Аналіз досліджень і публікацій. Питанню охолодження стисненого повітря присвячені роботи: Трегубова В.А., Замицького О.В. [1], Мурзіна А.В., Цейтліна Ю.А. [2-6], Степанова А.І. [7], Бороховича А. І., Закірова Д. Г., Бороховича Б.А. [8], Чистякова Ф. М. Ігнатенко В. В., Романенко Н. Т., Фролова П. П. [9], Ріса В.Ф. [10], Носирева Б.А., Рибіна А. А. [11], Мишина Д. С., Прасса І. Г., Пунтусова А. П. [12].

Постановка задачі. У системі охолодження турбокомпресорів в основному в якості повітроохолоджувачів використовуються теплообмінники поверхневого типу. Їх недоліками є інтенсивне забруднення теплообмінних поверхонь накипними відкладеннями в результаті використання охолоджуючої води без хімічистки. Сприяє цьому також використання відкритої системи охолодження води в градирні яке потребує постійного додавання води, що призводить до постійного збільшення накипних відкладень на стінках трубок повітроохолоджувачів. В результаті погіршується охолодження стиснутого повітря і як наслідок збільшуються питомі затрати електроенергії на виробництво стиснутого повітря. В той же час відомо багато інших

систем охолодження турбокомпресорів. Але для обґрунтування та вибору ефективної системи охолодження необхідні додаткові дослідження.

Викладення матеріалу та результати. В даний час галузь застосування стисненого повітря досить велика. Стиснене повітря використовується в металургії - для дуття в мартенівській печі, доменній печі, горні, вагранці тощо; в ливарній справі - для роботи трамбовок, вібраторів, пескоструйних апаратів, формувальних машин, пневматичних підйомників, обрубних молотків, обдування форм тощо; в ковальській справі – для роботи молотів, обдування штампів, дуття в нагрівальній і термічній печі; в машинобудуванні -для затиску деталей, роботи пневматичних молотів, пневматичних підтримок патронів і силових головок тощо; у вугільних шахта і гірничій справі - для роботи врубових машин, гірських бурів, перфораторних молотків тощо; в нафтовій промисловості - для проходки нафтових свердловин, підйому нафти (ерліфти) тощо; для транспорту і зв'язку - для гальм, підйомників, пневматичної пошти тощо; в будівельній справі - для роботи перфораторів, бетононасосів, цемент-гармат, пневматичних ломів, лопат, свердел, трамбовок, пульверизаторів для забарвлення, для забивання цвяхів, побілки тощо.

Крім того, стиснене повітря застосовується в енергетичній, поліграфічній, хімічній, холодильній та харчовій промисловості, в авіаційній, морській і військовій справі.

Стиснене повітря необхідне у вимірювальній техніці і в пристроях автоматичного регулювання.

Загальновідомо застосування повітря для транспортування соломи і сипучих речовин; для дуття в печі і котельній установці; для припливно-втяжної вентиляції; для сепарації пилу; для аспірації в млинах; для очищення зерна; для нагнітання в камери згоряння газотурбінних установок, двигуни внутрішнього згоряння і для багатьох інших процесів.

Також пневматичні машини успішно конкурують з електричними і паровими машинами у всіх областях техніки.

Повітря у порівнянні з парою більш транспортабельний через малі теплові втрати, також не має специфічні втрати на початкову конденсацію.

Тільки електриці поступає повітря по транспортабельності. Повітря має властивості, що полегшують його застосування. Повітря пружне, прозоре, всюди є в необмеженій кількості, не вогнебезпечне, без шкідливих властивостей. Ці особливості роблять стиснене повітря в великій кількості випадків вигідніше ніж пар.

У XIX ст. стиснене повітря використовувалось в гірничій справі, для приводу дрібних двигунів, для підйому рідини, пневматичної пошти тощо.

Успішне застосування газових турбін як повітряно-реактивних двигунів в авіації, стаціонарних і транспортних двигунів в значній мірі обумовлюється створенням високоекономічних і ефективних осьових і відцентрових компресорів для подачі під тиском газу і повітря в камері згоряння.

Поряд з поршневіми компресорами для потреб гірничо-шахтної справи і будівництва застосовуються компактні ротаційні компресори.

Центробіжні турбоповітродувки і багатоступінчасті турбокомпресори з'явилися на початку нашого століття.

Систему охолодження стисненого повітря використовують не тільки для осушення, але і для зменшення витрати енергії.

Охолоджуючи газ під час стиснення можна тим самим значно знизити споживання енергії. Існують такі методи охолодження повітря в турбокомпресорах: попереднє, внутрішнє і зовнішнє виносне охолодження. Також існує комбінація цих способів.

Попереднє охолодження. Під час попереднього охолодження охолоджувач встановлюють перед компресором, знижуючи таким чином початкову температуру газу. При постійній об'ємній потужності це збільшує масову продуктивність і потужність через втрати тиску в охолоджувачі.

Використання попереднього охолодження доцільно при більшій різниці між температурами охолоджуючого середовища та всмоктуваного газу, що досягається при використанні холодильної машини. Це буде невигідно, так як споживання енергії в холодильнику буде більше, ніж економія.

Зменшення роботи стиснення залежить не тільки від інтенсивності та способу охолодження, але і від інших факторів: величини ступеня підвищення тиску, від фізичних властивостей

газу, характеру процесу стиснення (від значення політропічного ККД), а також, від величини додаткових втрат, які виникають при введенні охолодження.

В [12] при порівнянні роботи, яка витрачається на стиснення без охолодження газу, з ізотермічною роботою передбачалося те, що охолодження стиснення газу не приводить до додаткових втрат. Кожен спосіб охолодження пов'язан з певними додатковими втратами, тож дійсна економія енергії, що витрачається при охолодженні газу буде менше, ніж це впливає з графіків. При використанні зовнішнього охолодження виникають втрати тиску в проміжних холодильниках і трубопроводах між компресором і холодильниками. Внутрішнє охолодження призводить до збільшення розмірів корпусу компресора (необхідного для збільшення поверхні охолодження), при цьому виникають додаткові втрати в зворотному апараті і дифузорі. Впорскування рідини порушує течію потоку газу, а це призводить до зниження газодинамічного ККД.

Крім додаткових втрат тиску, також охолодження стисненого газу пов'язане з іншими недоліками. Проміжні холодильники ускладнюють конструкцію машини і збільшують масу, тому собівартість виготовлення охолоджуваних компресорів буде вище на 20-30% в порівнянні з неохолоджуваними. Збільшення витрати охолоджуючої води підвищує експлуатаційні витрати. Тож при виборі типу компресора для заданих умов роботи в кожному випадку необхідно виконати економічні порівняльні розрахунки для неохолоджуваного і охолоджуваного компресорів. Приблизно можна сказати, що при стисканні повітря в відцентровому компресорі недоцільно застосовувати проміжне охолодження при ступені підвищення тиску менше 3.

Внутрішнє охолодження. Внутрішнє охолодження повітря може бути здійснене двома шляхами: уприскуванням в потік повітря охолоджуючої рідини або газу між робочими колесами (охолодження уприскуванням або контактне охолодження) і відведенням тепла від повітря при його русі по напрямним апаратам ступенів.

В першому способі найчастіше використовують рідину. При цьому охолодженні рідину, яка уприскується як правило в місці повороту потоку між дифузором та зворотним направляючим апаратом, випаровується; охолоджується при цьому газ за рахунок тепла випаровування рідини. Може уприскуватися, наприклад, вода при стисненні повітря, слабкий розчин азотної кислоти при стисненні нітратного газу, рідкий аміак при стисненні газоподібного аміаку.

Перевагами цього способу є висока ефективність, простота, а також спрощення конструкції турбокомпресора. Також крім економії потужності, охолодження уприскуванням в порівнянні з зовнішнім і внутрішнім водяним охолодженням має ряд таких переваг: краще очищення газу від сторонніх частинок сміття, які відносяться газом, промивка повітряних каналів від відкладень періодичною продувкою та посиленням підводом рідини при відкритих дренажних люках.

Теоретично цей спосіб здається дуже вигідним (при невеликих ступенях підвищення тиску особливо), однак при практичній його реалізації стикаються з багатьма труднощами. Для того щоб уникнути порушення потоку газу краплями рідини, яке призводить до зниження ККД, потрібно швидко випаровування рідини на досить короткому шляху. Можна досягти цього, наприклад, уприскувати рідину під дуже високим тиском (приблизно 10 МН/м^2) і застосуванням великої кількості форсунок; але і те, й інше практично важко здійснюється. Тому при охолодженні уприскуванням дійсні результати завжди гірше, ніж при теоретичних розрахунках.

При другому способі охолодження всередині кожного ступеня для відводу тепла від повітря передбачаються порожнини, де протікає охолоджуюча вода. Зазвичай для поліпшення тепловідводу ці порожнини мають перегородки, а напрямні апарати – велику кількість тонких лопаток, які виконують роль ребер поверхонь охолодження. До недавнього часу таке охолодження застосовувалося дуже широко. Волога з газу при цьому способі зазвичай не випадає, що важливо при стисненні газів, які агресивні у вологому стані. Але щоб створити достатню поверхню охолодження осьові і особливо радіальні розміри машини необхідно сильно збільшувати. Через збільшення шляху газу знижується газодинамічний ККД. Необхідну поверхню охолодження особливо важко створити при великій об'ємній продуктивності. Недоліками застосування охолодження за допомогою водяних сорочок є складний їх демонтаж та очищення водяних каналів від відкладень накипу. Для турбокомпресорів з внутрішнім охолодженням такого типу характерні збільшені габарити, значно ускладнена конструкція турбокомпресора. Тому останнім часом цей спосіб охолодження застосовується рідко.

Зовнішнє охолодження. У сучасних машинах застосовується зовнішнє охолодження. При цьому охолодженні газ після стиснення в секції надходить в проміжний холодильник, де охолоджується водою, а після холодильника газ знову подається в компресор.

Проміжний холодильник найчастіше представляє собою кожухотрубний апарат, який працює під тиском. В цей апарат, зварений з котельної сталі, вставлен пучок труб. В трубках протікає охолоджуюча вода, а в міжтрубному просторі - охолоджуваний газ. Кількість проміжних холодильників залежить від типу машини і її призначення, ступеня підвищення тиску. Основна перевага зовнішнього охолодження, перед внутрішнім – більш інтенсивне охолодження газу, так як поверхня охолодження може бути набагато більше. Якщо засмітиться проміжний холодильник на стороні газу або води, то немає потреби в тривалій зупинці компресора. В такому випадку пучок труб замінюється запасним, а основний пучок підлягає очищенню. Зовнішня поверхня трубок при очищенні обдувається стисненим повітрям або паром, а внутрішня (з боку води) очищається щітками або протягуванням спеціальної каліброваної кульки; також застосовується хімічне очищення.

Контактне охолодження. Окремої уваги заслуговує контактне охолодження. Суть контактного охолодження полягає в безпосередньому контакті стисненого повітря та охолоджуючого середовища. Буває зовнішнє та внутрішнє. Внутрішнє контактне охолодження було розглянуто вище.

Охолодження стисненого повітря за принципом безпосереднього контакту усуває недоліки, які властиві кожухотрубним холодильникам, і має перед ними інші переваги, а саме: менший майже в два рази гідравлічний опір, більший в кілька разів коефіцієнт теплопередачі, простіше по конструкції, велику (на 15-20%) ступінь охолодження повітря. Лише по питомій витраті охолоджуючої води (7 л/м^3) цей апарат поступається кожухотрубному, у якого ця витрата 4 л/м^3 .

При зовнішньому контактному охолодженні в якості повітроохолоджувачів можливе використання відомих конструкцій теплообмінників.

Перевагами контактних теплообмінників над поверхневими є: зниження металоемності та корозійно-ерозійного зносу, відсутність відкладень, підвищення надійності та температури нагрівання теплоносіїв тощо. Це все зумовлює широке застосування цих апаратів у промисловості та перспективність використання їх в об'єктах нової техніки. Контактні теплообмінники складаються з таких основних елементів: камер гріючого та нагріваемого середовища, пристроїв для розподілу та взаємодії теплоносіїв в об'ємі апарату, корпусу. Також необхідні пристрої подачі та відведення теплоносіїв (газодувки, насоси, транспортери тощо) для функціонування теплообмінника. Контактний теплообмінник є системою взаємодіючих елементів, водночас він взаємодіє з агрегатами, які забезпечують подачу та відведення теплоносіїв, та з іншими апаратами технологічних систем, в яких цей апарат функціонує. Таким чином, контактний теплообмінник, будучи елементом технологічних систем, є системою взаємодіючих елементів (процесів).

За конструктивними ознаками контактні теплообмінники поділяють на порожнисті, з трубою Вентурі, барботажні, занурювального горіння, тарілчасті, з нерухою, рухою і регулярною насадкою, із зустрічними струменями, із зовнішнім підведенням енергії.

Порожнисті теплообмінники бувають бризкального, розпилювального та інших типів. Теплоносії рухаються в них прямострумом або протитечею. В порожнистих апаратах типу "газ - рідина" при швидкості газів $1-5 \text{ м/с}$ гідравлічний опір становить $3,3-10 \text{ кПа}$; тиск у форсунках дорівнює $0,1-3,5 \text{ МПа}$. Різновидом порожнистих теплообмінників є циклонні, з трубою Вентурі, в яких рідина розпилюється потоком. Потік рідини розпорошується у вужчому місці труби з форсунок або зрощує стінки труби. Вартість труби Вентурі низька, витрата енергії газу велика - $0,05 \text{ кВт/м}^3$. Гідравлічний опір труб Вентурі складає $4-5 \text{ кПа}$. Один з різновидів таких апаратів є апарат з розподільчим диском (плівкоутворювачем), встановлений в трубу Вентурі. Потоком газу тонка плівка рідини підхоплюється та дробиться. Диск переміщується по осі труби, що дає можливість при зміні витрати газу підбирати оптимальні умови роботи. Недоліком апаратів із трубою Вентурі є відсутність можливості організації протиточного руху теплоносіїв, але цей недолік частково усувається, коли використовуються багатоступінчасті схеми.

До бризкальних апаратів відносяться відкриті апарати. В цих апаратах рідина розподіляється за допомогою форсуноквих або відцентрових розпилювачів і рухається під дією сили тяжіння у вигляді крапель.

Широкого розповсюдження отримали барботажні теплообмінники типу рідина – рідина, пара – рідина, газ – рідина. Одним з різновидів таких теплообмінних апаратів є апарат занурювального горіння.

У промисловості широко використовують барботажні апарати, які не заповнені насадкою та в нижній частині обладнані пристроєм (сопла, перфоровані ґрати, пористі плити та ін) для диспергування потоку рідини або газу, що надходить знизу.

У тарілчастих апаратах один із теплоносіїв надходить у верхню частину теплообмінника і рухається вниз під впливом сили тяжіння від тарілки до тарілки через отвори в них, а інший теплоносієм переміщується за допомогою сил тиску чи архімедової сили. В тарілчастих апаратах «газ-рідина» гідравлічний опір по газу становить 3,3-13,5 кПа на одну тарілку. Гідравлічний опір в них невеликий, а коефіцієнти тепломасопередачі високі. Теплообмінники тарілчастого типу – найпоширеніші. Існує багато конструкцій таких апаратів: ковпачкові, з сітчастими сегментними тарілками, клапанні, провальні (без переливних пристроїв), поличкові та ін.

У насадочних апаратах теплоносії контактують при проходженні через шар нерегулярних насадок різних розмірів, форми, матеріалів. Найчастіше ці апарати мають вигляд вертикальних колон з протиточним рухом теплоносія.

Перспективними (особливо для систем "газ – тверді частинки", "газ – рідина") є контактні теплообмінники із зустрічними потоками.

Теплообмінники із зовнішнім підведенням енергії також мають широке використання. Найчастіше вони застосовуються для систем "рідина - рідина". Вони являють собою апарати із механічними мішалками у найпростішому випадку. Використовують також відцентрові, ротаційно-дискові, барабанні та інші апарати з механічним перемішуванням.

В результаті пошуків покращення охолодження стисненого повітря розроблено барботажно-розпилювальний апарат [13]. В цьому апараті охолодження відбувається за новим принципом - безпосереднім контакті гарячого стисненого повітря і охолоджуючої води. Зразок апарату, який виготовили в кафедральній майстерні, досліджували в лабораторії, а в 1968 р.- в напівпромислових умовах. Метою цього дослідження було вивчення процесу теплообміну, а також визначення основних характеристик охолоджуючого апарату - витрати охолоджуючої води, коефіцієнта теплопередачі, гідравлічного опору проходженню стисненого повітря, ступеня охолодження та інших показників. Недоліком цього апарату є високий гідравлічний опір.

В роботі [14] вперше обґрунтовано, що більш ефективним є застосування контактних повітроохолоджувачів з охолодженням і осушенням стисненого повітря. Цей метод поєднує переваги внутрішнього і зовнішнього випарного способів, але не має їх недоліків. Контактний охолоджувач повітря труба Вентурі – відцентровий сепаратор [15] включає в себе змішувальний пристрій у вигляді труби Вентурі, сепаратор крапельної вологи і поплавковий регулятор рівня. Холодну воду подають в змішувальний пристрій, де вона розпорошується потоком нагрітого повітря та змішується з ним. В утвореній повітряно-водній суміші відбувається інтенсивний тепломасообмін, при якому повітря охолоджується, а вода нагрівається. У сепараторі центробіжною силою крапельна вода відкидається до периферії і з частиною повітря через кишеню поступає у вільний простір. Там швидкість повітря зменшуючись становиться нижче величини витання крапель, після цього він зливається з головним потоком сухого охолодженого повітря. Відокремлена в сепараторі вода потрапляє самопливом у регулятор рівня, що забезпечує відведення її з підтримкою гідравлічного затвора в градирню для охолодження. За допомогою розробленої математичної моделі контактного повітроохолоджувача [16] було визначено раціональні параметри для номінального режиму роботи турбокомпресора та нормальних початкових умов [17]. Тому потрібні додаткові дослідження для встановлення параметрів контактних повітроохолоджувачів для режимів роботи турбокомпресорів відмінних від номінальних. Це забезпечить подальше зменшення питомих витрат електроенергії на виробництво стиснутого повітря. Практична реалізація підтримки таких параметрів можлива при застосуванні труби Вентурі з регульованим перетином горловини.

Висновки та напрямок подальших досліджень. Таким чином, проаналізувавши методи охолодження стисненого повітря турбокомпресорів, можна відмітити, що кожен з методів має свої переваги та недоліки, але застосування контактного охолодження має ряд вагомих переваг на відміну від інших, що робить його одним за найефективніших методів. Перспективним апаратом для охолодження стисненого повітря в турбокомпресорах є труба Вентурі – відцентровий

сепаратор. Такий апарат поєднує високий тепломасообмін і відносно невеликий гідравлічний опір. Але раціональні параметри контактних повітроохолоджувачів визначено тільки для номінального режиму роботи турбокомпресора при нормальних початкових умовах, тому необхідні додаткові дослідження для встановлення параметрів контактних повітроохолоджувачів при режимах відмінних від номінальних.

В подальшому планується проведення досліджень які полягають у визначенні раціональних параметрів контактного повітроохолоджувача для всіх режимів роботи турбокомпресора, та удосконаленню конструкції контактного повітроохолоджувача.

Список літератури

1. Трегубов В.А. Замыцкий О.В. Оценка энергопотерь от нарушений температурных режимов турбокомпрессорных установок. Гірнична електромеханіка та автоматика 2. Дніпропетровськ.1999. № 61. С. 130-132.
2. Мурзин В. А., Цейтлин Ю. А. Рудничные пневматические установки. Недра.1965. 312 с.
3. Мурзин В. А., Цейтлин Ю. А. Турбокомпрессоры в горной промышленности. Госгортехиздат. 1962. 72 с.
4. Мурзин В. А., Цейтлин Ю. А. Определение экономически целесообразной периодичности очистки промежуточных воздухоохлаждателей шахтных турбокомпрессоров. Горная электромеханика и автоматика.1980. Вып. 36. С. 65–68.
5. Мурзин В. А., Цейтлин Ю. А. Упрощенный пересчет характеристик турбокомпрессоров при промышленных испытаниях их. Изв. вузов МВ и ССО. Энергетика. 1962. № 11. С. 21-25.
6. Мурзин В. А., Цейтлин Ю. А. Рудничные пневматические установки. Недра. 1965. 312 с.
7. Степанов А. И. Центробежные и осевые компрессоры, воздухоудвки и вентиляторы. Пер. с англ.– М.: Машгиз, 1960.–342 с.
8. Борохович А. И., Борохович Б. А., Закиров Д. Г. Оптимальный срок очистки промежуточных пленочных холодильников поршневых компрессоров от осадков. Изв. вузов. Горный журнал. 1985. № 2. С.61–65.
9. Центробежные компрессорные машины. Ф. М. Чистяков и др.; под ред. Ф. М. Чистякова. Машиностроение, 1960. 327 с.
10. Рис В. Ф. Центробежные компрессорные машины. Машгиз. 1951. 245с.
11. Носырев Б. А., Рыбин А. А. Математическое моделирование систем охлаждения шахтных компрессорных установок. Изв. вузов. Горный журнал. 1992. № 1. С. 92–95.
11. Мишин Д. С., Прасс И. Г., Пунтусов А. П. Термодинамический анализ работы концевой холодильника компрессора К250-61-1. Труды ЛПИ им. Калинина. Центробежные компрессорные машины. Энергомашиностроение. 1962. № 221.С. 106–109.
12. Шерстюк А. И. Компрессоры. Госэнергоиздат, 1959. 191 с.
13. . Куцепаленко В.Ф., Кабаков А.И., Тихонов Б.А. Повышение эффективности охлаждения сжатого воздуха в компрессорах. Известия Томского ордена октябрьской революции и ордена трудового красного знамени политехнического института имени С.М. Кирова.1972. № 227.С. 119-124.
14. Замыцкий О.В. Анализ способов охлаждения при производстве сжатого воздуха для горных машин. Горный информационно-аналитический бюллетень. МГГУ. 2001. №10. С.67-70
15. Замыцкий О. В. Контактное охлаждение сжатого воздуха в турбокомпрессорах. Вісник Криворізького технічного університету.2005. №17. С. 285-288.
16. Замыцкий О. В. Моделирование характеристик центробежных турбомашин. Сб. научн. тр. Национальной горной академии Украины. Том 3. Дніпропетровськ: Навчальна книга, 2002. № 13.С.33–36.
17. Замыцкий О.В. Выбор параметров контактных воздухоохлаждателей рудничных турбокомпрессоров. Вісник Криворізького технічного університету: Зб. наук. пр. Вып. 6. Кривий Ріг: КТУ, 2005. С.85-88

Рукопис подано до редакції 10.11.2021

UDC 004.056.53

N.O. KARABUT, O.H. RYBALCHENKO, I.O. DOTSENKO, Senior lecturers
Kryvyi Rih National University

PROTECTION TECHNOLOGY OF DATA PROCESSED IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

Purpose. To solve the problem of protecting information from unauthorized access in any information system which is based on control and delimitation of access rights of subjects to protected objects, primarily to file objects designed to store processed data.

Research methods. The implementing access control is to use one of the abstract models like discretionary, mandated and role-based access control.