

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ»

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

АНОТАЦІЯ

Пустовой Г.М. Енергоефективний комплекс компресорного чілера з адсорбційним холодильним модулем – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія - Державний вищий навчальний заклад «Український державний хіміко-технологічний університет», Дніпро, 2023.

Дисертація фокусується на вивченні процесів експлуатації адсорбційного модуля для охолодження повітряного конденсатора парової компресорної машини. Мета дослідження досягається шляхом аналізу експериментальних і розрахункових параметрів для визначення режимів роботи адсорбційного холодильного модуля. Досліджено процеси експлуатації холодильного модуля на основі композитних адсорбентів, визначено основні фактори, які впливають на холодильний коефіцієнт циклу.

У роботі проаналізовані основні вимоги до адсорбційного охолоджувального модуля в системі холодозабезпечення. Визначена кореляція між складом адсорбенту та холодильним коефіцієнтом циклу. Досліджено вплив вмісту натрій сульфату в композиті на зростання холодильного коефіцієнту циклу. Встановлено, що зменшення різниці температур між адсорбентом та температурою регенерації призводить до збільшення величини холодильного коефіцієнту циклу. Проведено розрахунок експлуатаційного холодильного коефіцієнта на основі композитного сорбенту "силікагель – натрій сульфат". Виявлено залежність експлуатаційного

коефіцієнта від середньодобового значення сонячного випромінювання протягом року.

Розроблені заходи з зниження температури конденсації парової компресорної холодильної установки завдяки адсорбційному холодильному модулю, що дозволяють зменшити енергоспоживання холодильної системи при наборі та підтриманні температурного режиму в холодильній камері. Запропоновані заходи з зниження температури конденсації парової компресорної холодильної установки дозволяють швидше отримати задану температуру в холодильній камері та збільшують межі застосування фреонів, що працюють на низьких температурах конденсації.

Визначено вплив адсорбента і адсорбата на холодопродуктивність адсорбційного холодильного модуля при охолодженні повітряного конденсатора. Виявлено, що ефективність адсорбційного холодильного модуля визначається видом адсорбату, який випаровується та створює охолоджуючий ефект у корпусі конденсатора. Кількість тепла, яку може відвести адсорбційний холодильний модуль з повітряного конденсатора, залежить від теплоти випаровування, що визначає масу адсорбату. Зміна маси адсорбату і граничної адсорбції впливає на масу адсорбенту, що в свою чергу впливає на вагу та розміри адсорбера. Різні адсорбенти мають різну температуру регенерації, що впливає на холодильний коефіцієнт циклу адсорбційного охолоджувального модуля. Встановлено, що збільшення маси адсорбату і адсорбенту призводить до зростання холодопродуктивності адсорбційного охолоджувального модуля.

Визначено вплив адсорбційного холодильного модуля на холодильний коефіцієнта компресора. Залежності температури конденсації і температури кипіння компресорної холодильної системи показують, що зменшення температури конденсації позитивно впливати на ефективність системи. Проведено порівняння двох варіантів роботи компресора з різними температурами конденсації, де визначено, що зниження температури

конденсації призводить до збільшення холодильного коефіцієнта покращуючи ефективність системи.

Визначені межі ефективного застосування адсорбційного охолоджувального модуля для охолодження повітряного конденсатора. В результаті експериментальних та розрахункових даних встановлено робочий діапазон холодопродуктивності адсорбційного охолоджувального модуля. Мінімальне значення холодопродуктивності встановлено в залежності від мінімальної потужності застосування повітряного конденсатора. Зменшення потужності АХМ приведе до мінімального впливу на повітряний конденсатор та холодильну установку. Максимальне значення холодопродуктивності АХМ встановлено в залежності від необхідної маси води для поглинання тепла з повітряного конденсатора і підтримання низького тиску конденсації. Збільшення потужності приведе до великих габаритів та ваги, що ускладнює експлуатацію АХМ в порівнянні з аналогами.

Розроблена конструкція адсорбційного охолоджувального модуля для охолодження повітряного конденсатора парової компресорної холодильної машини. Показаний принцип підключення повітряного конденсатора до адсорбційного охолоджувального модуля. Обґрунтовано розташування випарника в корпусі повітряного конденсатора. Розроблена конструкція адсорбера з контуром регенерації адсорбента та контуром рекуперації тепла від адсорбента для промислових потреб. Запропоновано розміщення сонячного колектора в корпусі адсорбера для підвищення ефективності регенерації адсорбента від сонячного випромінювання.

Описано режим роботи парової компресорної холодильної установки з адсорбційним охолоджувальним модулем. Створена гідравлічна схема холодильної системи з адсорбційним охолоджувальним модулем, що відображає роботу класичної компресорної холодильної системи з адсорбційним охолоджувальним модулем та контуром рекуперації тепла. Описано принцип роботи контуру рекуперації тепла від адсорбенту. Визначені закономірності роботи АХМ, що впливають на цикл роботи класичної

компресорної холодильної системи. Встановлені характеристики холодоагентів після кожного етапу охолодження та підтримання робочої температури в камері

Розроблені методи оцінки характеристик утилізації теплоти адсорбції та обґрунтоване розташування теплообмінного обладнання у адсорбері. Підтверджено доцільність застосування адсорбційного охолоджувального модуля для охолодження повітряного конденсатора. Було проведено порівняльний аналіз ефективності витрат енергії між класичними холодильними системами і холодильними системами з адсорбційним охолоджувальним модулем.

Впроваджено: результати наукової роботи «Енергоефективний комплекс компресорного чілера з адсорбційним холодильним модулем» використані для розробки і впровадження енергоефективного комплексу компресорної холодильної установки з адсорбційним холодильним модулем в промислову систему холодозабезпечення ICOOL S-HGX34-380 для зберігання продуктів харчування у місті Львів.

Ключові слова: АДСОРБЕНТ, АДСОРБАТ, ПАРОВА КОМПРЕСОРНА ХОЛОДИЛЬНА УСТАНОВКА, КОНДЕНСАТОР, ТЕПЛООБМІННИК, РЕКУПЕРАЦІЯ ТЕПЛА, ОХОЛОДЖЕННЯ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ, ТИСК, ТЕМПЕРАТУРА, СИЛКАГЕЛЬ, КОМПОЗИТИ, ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, КОМПОЗИТНІ ПОКРИТТЯ, МІДЬ, МЕХАНІЗМ, НАНО КРЕМНЕЗЕМ, ДИСПЕРСНИЙ КРЕМНЕЗЕМ, КРЕМНЕЗЕМ, ОБІГРІВ; РУХ, РЕЖИМИ РОБОТИ

ABSTRACT

Pustovoi H.M. Energy-efficient complex of a compressor chiller with an adsorption refrigeration module - Qualification scientific work on manuscript rights.

Dissertation for obtaining the scientific degree of Doctor of Philosophy in specialty 161 Chemical technologies and engineering - State higher educational institution "Ukrainian State University of Chemistry and Technology", Dnipro, 2023.

The dissertation focuses on the study of the processes of operation of the adsorption module for cooling the air condenser of the steam compressor machine. The purpose of the study is achieved by analyzing experimental and calculated parameters to determine the operating modes of the adsorption refrigeration module. The processes of operation of the refrigerating module based on composite adsorbents were studied, the main factors affecting the refrigerating coefficient of the cycle were determined.

The paper analyzes the main requirements for the adsorption cooling module in the refrigeration system. The correlation between the composition of the adsorbent and the cooling coefficient of the cycle was determined. The effect of the sodium sulfate content in the composite on the growth of the cooling coefficient of the cycle was studied. It was established that a decrease in the temperature difference between the adsorbent and the regeneration temperature leads to an increase in the cooling coefficient of the cycle. The operational cooling coefficient was calculated based on the composite sorbent "silica gel - sodium sulfate". The dependence of the operational coefficient on the average daily value of solar radiation during the year was revealed.

Measures have been developed to reduce the condensation temperature of the steam compressor refrigerating unit thanks to the adsorption refrigerating module, which allow to reduce the energy consumption of the refrigerating system when setting and maintaining the temperature regime in the refrigerating chamber. The proposed measures to reduce the condensation temperature of the steam compressor refrigerating unit allow to obtain the set temperature in the refrigerating chamber

faster and increase the limits of application of freons operating at low condensation temperatures.

The influence of the adsorbent and adsorbate on the cooling performance of the adsorption refrigeration module during cooling of the air condenser was determined. It was found that the efficiency of the adsorption refrigeration module is determined by the type of adsorbate that evaporates and creates a cooling effect in the condenser housing. The amount of heat that can be removed by the adsorption refrigeration module from the air condenser depends on the heat of evaporation, which determines the mass of the adsorbate. The change in the mass of the adsorbate and the limit of adsorption affects the mass of the adsorbent, which in turn affects the weight and dimensions of the adsorber. Different adsorbents have different regeneration temperatures, which affects the cooling coefficient of the cycle of the adsorption cooling module. It was established that an increase in the mass of adsorbate and adsorbent leads to an increase in the cooling capacity of the adsorption cooling module.

The influence of the adsorption refrigeration module on the refrigeration coefficient of the compressor is determined. Dependencies of the condensation temperature and the boiling temperature of the compressor refrigeration system show that reducing the condensation temperature has a positive effect on the efficiency of the system. A comparison of two versions of the compressor operation with different condensation temperatures was made, where it was determined that a decrease in the condensation temperature leads to an increase in the refrigeration coefficient, improving the efficiency of the system.

The limits of the effective application of the adsorption cooling module for cooling the air condenser are defined. As a result of experimental and calculated data, the working range of the cooling capacity of the adsorption cooling module was established. The minimum value of the cooling capacity is set depending on the minimum power of the air condenser. Decreasing the AHM power will result in minimal impact on the air condenser and refrigeration plant. The maximum value of the cooling capacity of the AHM is set depending on the required mass of water to

absorb heat from the air condenser and maintain a low condensation pressure. An increase in power will lead to large dimensions and weight, which complicates the operation of AHM in comparison with analogues.

The design of the adsorption cooling module for cooling the air condenser of a steam compressor refrigerating machine has been developed. The principle of connecting the air condenser to the adsorption cooling module is shown. The location of the evaporator in the air condenser housing is substantiated. The design of the adsorber with the adsorbent regeneration circuit and the heat recovery circuit from the adsorbent for industrial needs has been developed. It is proposed to place a solar collector in the adsorber body to increase the efficiency of regeneration of the adsorbent from solar radiation.

Developed methods for evaluating the characteristics of utilization of adsorption heat and justified location of heat exchange equipment in the adsorber. The expediency of using the adsorption cooling module for cooling the air condenser has been confirmed. A comparative analysis of the efficiency of energy consumption between classic refrigeration systems and refrigeration systems with an adsorption cooling module was carried out.

Implemented: the results of the scientific work "Energy-efficient compressor chiller complex with an adsorption refrigeration module" were used to develop and implement an energy-efficient compressor refrigeration complex with an adsorption refrigeration module in the ICOOL S-HGX34-380 industrial refrigeration system for food storage in the city of Lviv.

Keywords: ADSORBENT, ADSORBATE, STEAM COMPRESSOR REFRIGERATION UNIT, CONDENSER, HEAT EXCHANGER, HEAT RECOVERY, ENERGY SAVING, PRESSURE, TEMPERATURE, SILICA GEL, COMPOSITES, ELECTRICAL ENERGY, ENERGY EFFICIENCY, COMPOSITE COATINGS, COPPER, MECHANISM, COOLING, HEATING, MOVEMENT, OPERATING MODES, NANO SILICA, DISPERSED SILICA, SILICA