

ІНЖЕНЕРНІ МЕРЕЖІ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

УДК 65.011.12

DOI 10.31649/2311-1429-2021-1-126-131

В. В. Джеджула

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ФОРМУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РЕЖИМІВ СИСТЕМ ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ

Вінницький національний технічний університет

В сучасних умовах значного поширення набуває практика будівництва багатопверхових офісних будівель, торгових центрів та закладів громадського харчування, де необхідним є влаштування систем кондиціонування повітря. Окрім нормативних вимог необхідність влаштування систем кондиціонування диктується ринковими умовами: будівля, в якій створені оптимальні мікрокліматичні умови, має значні конкурентні переваги з позиції здачі в оренду, продажу та експлуатації у порівнянні з будівлею, необладнаною системами вентиляції і кондиціонування. Основними підходами щодо влаштування систем кондиціонування є такі: центральне кондиціонування суміщене з вентиляцією та повітряним опаленням; використання місцевих доводчиків, де холодоносієм слугує вода – кліматичних балок, фанкойлів; використання фреонових місцевих систем – локальних і мультизональних.

Враховуючи часту непостійність планувальних і експлуатаційних рішень цих будівель, пов'язану з тим, що у різних орендарів можуть бути відмінні потреби у влаштуванні систем кондиціонування, різні теплові надлишки та інші шкідливості. Влаштування водяних систем охолодження є одним з оптимальних рішень, оскільки дозволяє в певних межах здійснювати модернізацію системи у відповідності до нових експлуатаційних особливостей. Системи водяного охолодження потребують створення оптимального гідравлічного режиму, який не тільки дозволить здійснити оптимальну експлуатацію холодильного обладнання, але і дозволить економити енергоносії. Значна відмінність формування гідравлічного середовища з постійним і змінним режимом сформувала задачі дослідження та підтверджує їх актуальність.

В статті розглянуто підходи щодо формування гідравлічних режимів системи холодопостачання. Результати досліджень впроваджено при будівництві реального громадського об'єкту. На прикладі цього об'єкту визначено економічні показники формування різних гідравлічних режимів системи холодопостачання.

Використання правильних схем формування гідравлічних режимів водяних систем холодопостачання дозволить значно підвищити енергоефективність процесу формування внутрішнього мікроклімату зазначених приміщень.

Ключові слова: енергозбереження, холодопостачання, кондиціонування, чилер.

Вступ

Виробництво холоду потребує значних витрат енергії. Для компресорних холодильних машин в основному електричної. Основна частка енергії витрачається на роботу компресорів, але не менш важливою є частка енергії, що споживається циркуляційними насосами водяних систем холодопостачання. Підвищення енергоефективності системи в цілому можливе лише за комплексного підходу до вирішення проблеми генерації холодної енергії.

Питаннями, пов'язаними із розробкою енергоефективних систем холодопостачання, зокрема дослідження проблем гідравлічних режимів водяних систем холодопостачання, присвячено незначну кількість робіт, зокрема [1-6]. Разом із тим, зі зростанням нормативних вимог до енергоефективності та комфортності перебування людей в приміщеннях громадських, адміністративних та промислових об'єктів, потребують детального розгляду питання визначення оптимальних схем обв'язки споживачів холоду, формування гідравлічних режимів систем холодопостачання та вибору насосного обладнання для цих систем.

Метою статті є дослідження особливостей формування гідравлічних режимів систем холодопостачання фанкойлів і центральних кондиціонерів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Розглянути основні схемні рішення формування гідравлічних режимів системи холодопостачання;
2. Охарактеризувати сучасні підходи щодо технічного оснащення систем холодопостачання;
3. На конкретному прикладі визначити економічні результати

Основна частина

Оптимізацію роботи вірно підібраної холодильної машини здійснює вбудована автоматика, тому при правильних налаштуваннях контролера чилера та періодичному сервісному

обслуговуванні робота сучасного холодильного обладнання знаходиться в зоні оптимальних параметрів з позиції енергоспоживання. Однією з важливих проблем, що може виникнути під час роботи холодильного обладнання, є виникнення синдрому «низького dT ». За використання в системах постійного гідравлічного режиму і роботі на неповних навантаженнях холодоносія може не прогріватися до розрахункових параметрів (з 7°C до 12°C). Така проблема може призводити до зниження ефективності роботи чилера. Сучасні автори [1-5] рекомендують використовувати змінний гідравлічний режим в системі холодопостачання, тоді як традиційні нерегульовані насоси та триходові клапани на об'язці споживачів формують постійний гідравлічний режим. За зменшення теплового навантаження в приміщеннях при змінному гідравлічному режимі витрата холодоносія також зменшується, що дозволяє збільшити величину нагріву зворотного потоку. При цьому зменшується продуктивність циркуляційного насосу та зменшуються гідравлічні втрати. Тому використання змінного гідравлічного режиму дозволяє не тільки підтримувати необхідні параметри холодносія, але і зменшувати споживання електричної енергії.

Розглянемо основні принципові схемні рішення об'язки споживачів холодної енергії в водяних системах охолодження (рис.1).

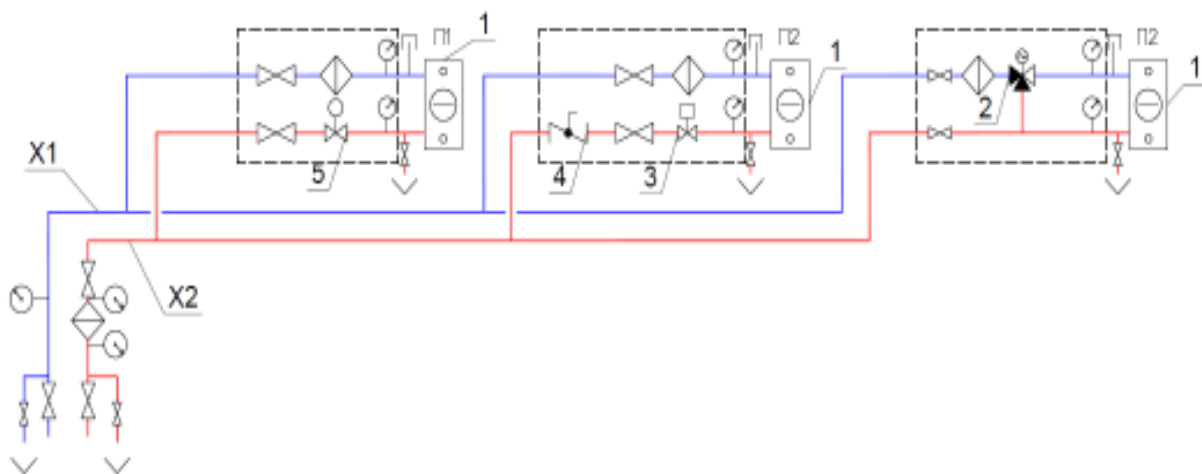


Рисунок 1 – Основні схемні рішення об'язки споживачів холодної енергії в водяних системах охолодження

Крайня права схема ґрунтується на використанні триходового клапану. У вузол об'язки входить: 1– споживач холодної енергії; 2 – триходовий клапан; фільтр, манометри та запірні арматури. Згідно з рекомендаціями фірми Danfoss [1] така схема є допустимою, хоча вона формує постійний гідравлічний режим з усіма його недоліками. У п. 7.12.24 ДБН В.2.5-67 [4] зазначено, що системи холодопостачання необхідно проектувати зі змінним гідравлічним режимом. У зазначеному пункті є винятки, в межі яких і можуть попасти проекти окремих систем холодопостачання з використанням триходових клапанів.

Середня схема (рис. 1) ґрунтується на використанні двоходового клапану (3) та ручного балансувального клапану (4). Така схема є нерекомендованою [1,3,6], оскільки хоча і формує змінний гідравлічний режим, але при цьому немає можливості створити постійний перепад тиску на споживачах, що призводить до коливань тиску, підвищення шумоутворення, погіршується регулювання температури, можлива значна перевитрата енергії.

На нашу думку та згідно з рекомендаціями провідних компаній і вчених [1-4,6] оптимальним є використання для регулювання систем холодопостачання комбінованих регульованих клапанів (5) рис. 1 (ліва схема), що містять у собі одночасно клапан регулюючий і регулятор перепаду тиску. Гідравлічний авторитет таких клапанів на ділянці регулювання завжди дорівнює одиниці.

Розглянемо на прикладі реального об'єкту – офісної будівлі у м. Вінниці реалізацію змінного гідравлічного режиму в системі холодопостачання та визначимо економічну ефективність від влаштування змінного режиму у порівнянні з постійним гідравлічним режимом. Запроектована система холодопостачання містила 26 фанкойлів касетного типу для охолодження приміщень, два охолоджувачі центральних кондиціонерів та чилер – джерело холоду потужністю 120 кВт. В результаті підбору циркуляційного насосу на контур споживачів було обрано насос WILO IPE 40-130/-2,2/2 (рис. 2).



Рисунок 2 – Основні елементи системи холодопостачання офісної будівлі

Гідравлічна характеристика насосу і системи холодопостачання наведена на рис. 3. В цілому регулювання системи може здійснюватися трьома способами: підтриманням постійної частоти обертання робочого колеса насосу (найбільш неекономічний спосіб) (n -const); підтриманням постійного перепаду тиску - пряма 2 (Δp -const); підтриманням пропорційного перепаду тиску - пряма 1 (Δp -var). Насос обирається на максимальне навантаження – точка A1 і в процесі експлуатації може змінювати свої характеристики. Обираючи найбільш економічний спосіб регулювання – пропорційне регулювання, ми все одно не досягаємо максимальної економії енергоресурсів, оскільки автоматика насосу не може автоматично підлаштувати параметри насосу в цей час під характеристику мережі. Згідно з інструкціями виробників в загальному випадку пропорційне зниження тиску насосу може відбуватися до величини $0,5 P_{\max}$. Прийнято вважати, що діапазон роботи насосу можна поділити на 4 періоди часу: насос працює на 100% - точка A1, насос працює на 75% - т. A2, на 50% - т. A3, на 25% - т. A4. Реальний необхідний напір в даних точках є значно меншим за той, що генерує насос, і, відповідно, частину енергії потрібно дроселювати у регулювальних клапанах. Різниця ординат точок A2 і A2' показує надлишковий напір, що створюється насосом. Результати аналізу роботи системи холодопостачання зведено до таблиці 1

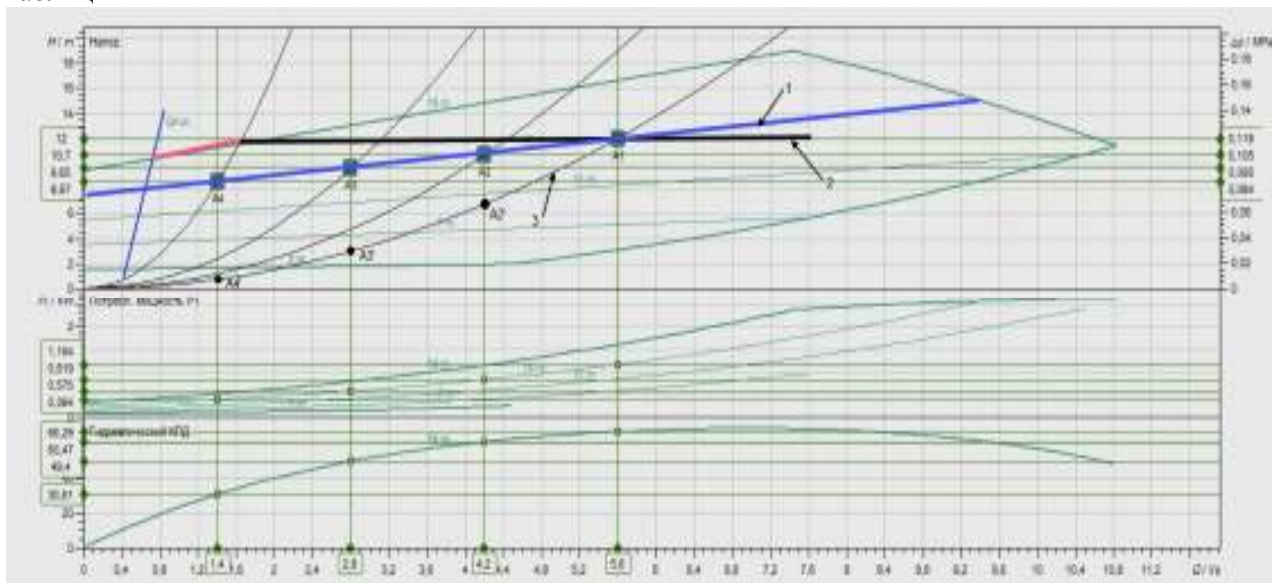


Рисунок 3 – Гідравлічні характеристики насосу та характеристика мережі холодопостачання

Результати аналізу роботи системи холодопостачання

Частка потужності	Фактична витрата, л/с	Тиск, м при p=var	Гідравлічний ККД при p=var	Споживана потужність при p=const	Споживана потужність при p=var	Тривалість навантаження, годин в рік	Енергоспоживання, кВт год при	
							p=const	p=var
100	5,6	12	66,29	1,164	1,164	65	75,66	75,66
75	4,2	10,7	60,47	1,164	0,819	194	225,816	158,886
50	2,8	9,65	49,4	1,164	0,575	454	528,456	261,05
25	1,4	8,57	30,61	1,164	0,384	583	678,612	223,872
Разом							1508,544	719,468

Як видно з таблиці 1, найбільше часу система працює при 25% навантаженні. За змінного гідравлічного режиму при цьому навантаженні буде спожито майже в 3 рази менше електричної енергії, ніж при постійному гідравлічному режимові. Тобто економія енергоресурсів починає з'являтися при зменшенні навантаження на систему. У загальному випадку електроспоживання насосу контуру споживачів за сформованого змінного гідравлічного режиму є майже у два рази меншим у порівнянні з постійним гідравлічним режимом. Окрім явної економічної вигоди, паралельно з'являються ефекти, пов'язані зі зростанням ККД холодильної машини, збільшенням терміну її експлуатації, зменшенням шумоутворення та якіснішим регулюванням споживачів. Ці рекомендації щодо доцільності використання комбінованих регулюючих клапанів та формування змінного гідравлічного режиму в рівній мірі відносяться і до систем внутрішнього теплопостачання фанкойлів і вентиляційних агрегатів.

Висновки

Використання змінного гідравлічного режиму в системах тепло- і холодопостачання дозволяє зменшити споживання електричної енергії, покращити роботу теплоенергетичного та холодильного обладнання, зменшити шумоутворення та досягнути гнучкості регулювання систем. У запропонованому прикладі реального об'єкту визначено, що зменшення споживання електричної енергії за використання режиму Δp -var становить близько 50 % у порівнянні з режимом Δp -const.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Регулирование водяных инженерных систем любого масштаба. Руководство. М.: ООО "Данфосс", 2010. 80 с.
2. Котзаогланиан Патрик. Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок и систем кондиционирования. М.: Эдем, 2007. 832 с.
3. Тепло- и холодноснабжение отопельно вентиляционных установок. Пособие. М.: ООО "Данфосс", 2010. 85 с.
4. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря. К.: Мінрегіонбуд України, 2014 р.
5. Тарабанов М.Г. Кондиционирование воздуха. Часть 1. М.: Авок- ПРЕСС, 2015. 212 с.
6. Покотилов В.В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло – и холодноснабжения Вена: HERZ Armaturen, 2017. 232 с.
7. Дзеджула В. В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління. Вінниця: ВНТУ. 2014. 347 с.

REFERENCES

1. DBN V.2.5-67:2013 (2014). Opalennja, ventyljacija ta kondycijuvannja povitrya. Kyjiv: Minreghionbud Ukrajinny [in Ukrainian].
2. Kotzaoglanian Patrik. Posobiye dlya remontnika. Spravochnoye rukovodstvo po montazhu, ekspluatatsii, obsluzhivaniyu i remontu sovremennogo oborudovaniya kholodil'nykh ustanovok i sistem konditsionirovaniya. M.: Edem, 2007. 832 s.
3. Teplo- i kholodosnabzheniye otopel'no ventilyatsionnykh ustanovok. Posobiye. M.: ООО "Danfoss", 2010. 85 s.
4. DBN V.2.5-67:2013 Opalennya, ventilyatsiya ta konditsiyuvannya povitrya. K.: Minreghionbud Ukraini, 2014 r.
5. Tarabanov M.G. Konditsionirovaniye vozdukh. Chast' 1. M.: Avok- PRESS, 2015. 212 s.
6. Pokotilov V.V. Reguliruyushchiye klapany avtomatizirovannykh sistem teplo – i kholodosnabzheniya Vena: HERZ Armaturen, 2017. 232 s.
7. Dzhedzhula, V. V. (2014) Energhozberezhenija promyslovykh pidpryemstv: metodologhija formuvannja, mekhanizm upravlinnja : monoghrafija. Vinnycja : VNTU[in Ukrainian].

Джеджула В'ячеслав Васильович – доктор економічних наук, професор, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: djedjulavv@gmail.com, ORCID 0000-0002-2740-077.

V. Dzhedzhula

SECURING EFFICIENTLY MICROCLIMATE DURING RECONSTRUCTION OF HISTORICAL CULTURE ENTERPRISES BUILDINGS

Vinnitsia National Technical University

In modern conditions, the practice of building multi-storey office buildings, shopping centers and catering establishments where the installation of air conditioning systems is necessary is becoming widespread. In addition to regulatory requirements, the need for air conditioning systems is dictated by market conditions: a building in which optimal microclimatic conditions are created has significant competitive advantages in terms of renting, selling and operating compared to a building without ventilation and air conditioning systems. The main approaches to the installation of air conditioning systems are as follows: central air conditioning combined with ventilation and air heating; the use of local closers where the coolant is water - climate beams, fan coils; use of freon local systems - local and multizonal.

Given the frequent inconsistency of planning and operational decisions of these buildings, due to the fact that different tenants may have different needs for the installation of air conditioning systems, different heat surpluses and other hazards, the installation of water cooling systems is one of the best solutions. within the limits of modernization of the system in accordance with the new operational features. Water cooling systems require the creation of an optimal hydraulic regime, which will not only allow optimal operation of refrigeration equipment, but also save energy. A significant difference in the formation of the hydraulic environment with constant and variable mode has formed the objectives of the study and confirms their relevance.

The article considers the approaches to the formation of hydraulic modes of the refrigeration system. The results of the research were implemented during the construction of a real public facility. On the example of this object, the economic indicators of the formation of different hydraulic modes of the refrigeration system are determined.

The use of the correct schemes for the formation of hydraulic modes of water cooling systems will significantly increase the energy efficiency of the process of forming the internal microclimate of these premises.

Key words: energy saving, refrigeration, air conditioning, chiller.

Dzhedzhula Viacheslav - Doctor of Economics, Professor, Professor of the Department of Engineering Systems at Building, Vinnitsa National Technical University, e-mail: djedjulavv@gmail.com, ORCID 0000-0002-2740-077.

В. В. Джеджула

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К ФОРМИРОВАНИЮ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ СИСТЕМ ХОЛОДОСНАБЖЕНИЯ

Винницкий национальный технический университет

В современных условиях широкое распространение получает практика строительства многоэтажных офисных зданий, торговых центров и заведений общественного питания где необходимо устройство систем кондиционирования воздуха. Кроме нормативных требований необходимость устройства систем кондиционирования диктуется рыночными условиями: здание, в котором созданы оптимальные микроклиматические условия имеет значительные конкурентные преимущества с позиции сдачи в аренду, продажи и эксплуатации по сравнению со зданием, необорудованным системами вентиляции и кондиционирования. Основными подходами по устройству систем кондиционирования являются следующие: центральное кондиционирование совмещенное с вентиляцией и воздушным отоплением; использование местных доводчиков с водяным хладоносителем - климатических балок, фанкойлов; использование фреоновых местных систем - локальных и мультizonальных.

Учитывая частое непостоянство планировочных и эксплуатационных решений данных зданий, связанное с тем, что в разных арендаторов могут быть разные потребности в устройстве систем кондиционирования, различные тепловые излишки и другие вредности, устройство водяных систем охлаждения являются одним из оптимальных решений так как позволяет в определенных пределах осуществлять модернизацию системы в соответствии с новыми эксплуатационными особенностями. Системы водяного охлаждения требуют создания оптимального гидравлического режима, который не только позволит осуществить оптимальную эксплуатацию холодильного оборудования, но и позволит экономить энергоносители. Значительные различия в формировании гидравлической среды с постоянным и переменным режимом определяет задачи исследования и подтверждает их актуальность.

В статье рассмотрены подходы к формированию гидравлических режимов системы холодоснабжения. Результаты исследований внедрены при строительстве реального общественного объекта. На примере данного объекта определены экономические показатели формирования различных гидравлических режимов системы холодоснабжения.

Использование правильных схем формирования гидравлических режимов водных систем холодоснабжения позволит значительно повысить энергоэффективность процесса формирования внутреннего микроклимата указанных помещений.

Ключевые слова: энергосбережение, холодоснабжения, кондиционирования, чиллер.

Джеджула Вячеслав Васильевич – доктор экономических наук, профессор, профессор кафедры инженерных систем в строительстве, Винницкий национальный технический университет, Винница, email: djedjulavv@gmail.com, ORCID 0000-0002-2740-077