

РЕГУЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ ЗА ДОПОМОГОЮ РЕГЕНЕРАТИВНИХ ПОБІЧНО-ВИПАРНИХ ПОВІТРООХОЛДЖУВАЧІВ

В деяких цехах і виробничих ділянках підприємств станкоінструментальної, електронної, фармацевтичної, кондитерської та цукрової промисловості, на складах для деяких видів продукції за технологічними умовами необхідно підтримувати температуру повітря 10...25 °С та відносну вологість 5...40%.

Низька відносна вологість може бути досягнута при осушенні повітря холодильними машинами, вологопоглинаючими водними розчинами абсорбентів, які, в свою чергу, охолоджуються оборотною або артезіанською водою чи холодильними машинами, та абсорбційними апаратами. Використання холодильних машин пов'язано із значними енерговитратами, а використання тільки сорбційних осушувачів повітря не може забезпечити у теплий період низькі температури чи температури, близькі до температури атмосферного повітря внаслідок нагріву повітря при сорбуванні з нього вологи. До того ж сорбційні апарати мають невеликий діапазон зміни тепловолісних параметрів повітря на виході з установки.

Як відомо, джерелом для виробництва холоду може бути використана термодинамічна неврівноваженість у системі "повітря – вода", яка виражена психометричною різницею температур ($t_c - t_m$), де t_c – температура сухого термометра, а t_m – температура мокрого термометра. Виробництво холоду можливе при обробці повітря в регенеративних побічно-випарних повітроохолоджувачах (РПВП) з охолодженням повітря до температури точки роси. Схема РПВП показана на рис. 1 а, а на рис. 1 б – процеси обробки повітря на H-d-діаграмі вологого повітря.

Повний потік G_n повітря охолоджується при контакті з сухою поверхнею внутрішньої стінки (стан т. 2', рис. 1а), потім на виході з РПВП розподіляється на два потоки: корисний G_k і допоміжний G_d . Допоміжний потік рухається протитоком з іншого боку стінки, що зволюється водою, насичується вологою за рахунок теплоти повного потоку повітря і станом т. 3 викидається у навколишнє середовище. Корисний потік повітря (стан т. 2) використовується за призначенням.

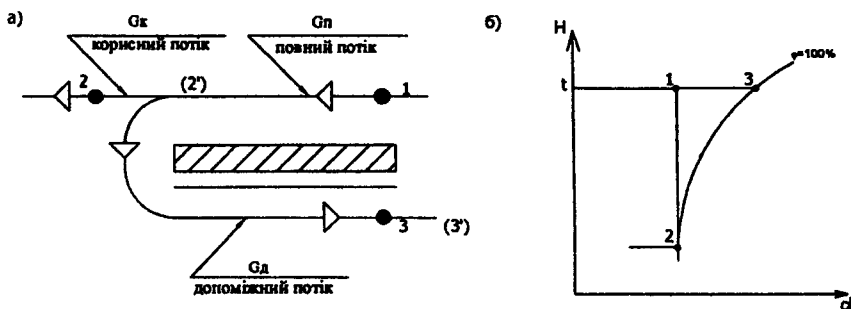


Рис. 1. Схема регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача (а) і процеси обробки повітря на H-d-діаграмі (б)

У роботі [1] розглянуті питання нормалізації вологісного стану повітря у спорудах в холодний період року. Представлено заходи щодо запобігання конденсації вологи у приміщеннях, у тому числі такий захід, як осушення повітря охолодженням. Однак задача регулювання температури та відносної вологості повітря, що подається в приміщення потребує подальшого розгляду. При вирішенні цієї проблеми цікавим є сумісне використання регенеративних побічно-випарних повітроохолоджувачів та сорбційних осушувачів повітря, що знайшло вирішення у пропозиції [2].

На кресленнях (рис. 2,4,6,8) наводимо схеми щодо регулювання параметрів повітря за допомогою регенеративних побічно-випарних повітроохолоджувачів з варіантами виконання, а на рис. 3,5,7,9 відповідно графіки на H-d-діаграмах вологого повітря, що пояснюють їх дію.

Повітроосушувальна установка (рис. 2) включає вентиляторний агрегат 1, сорбційний осушувач повітря 2, що з'єднані повітропроводом 3, регенеративний побічно-випарний повітроохолоджувач 4 з патрубками повного 5, корисного 6 та допоміжного 7 потоків повітря. Патрубок повного 5 потоку повітря з'єднаний з повітропроводом 3, а патрубок корисного 6 потоку повітря з осушувачем повітря. Повітроосушувальна установка (рис. 4) додатково містить обводний повітропровід 8 з регулюючим клапаном повітря 9, який з'єднує повітропровід 3 з патрубком корисного потоку повітря 6 регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача 4. Повітроосушувальна установка містить клапан повного потоку повітря 10, що розташований на патрубку повного потоку повітря 5 регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача 4. Повітроосушувальна установка (рис. 6) додатково містить повітряний канал 11 з повітряним регулюючим клапаном 12, який з'єднує повітро-

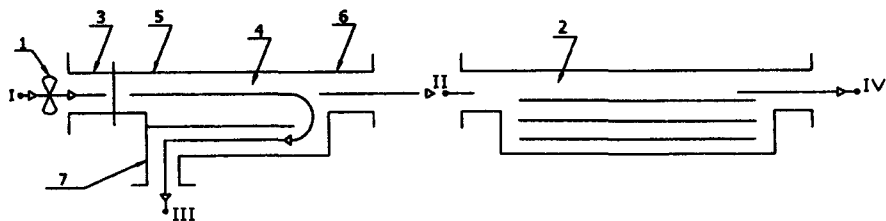


Рис. 2. Схема регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача з осушувачем повітря

провід 3 з патрубком допоміжного потоку повітря 7, та допоміжний повітропровід 13 з допоміжним регулюючим клапаном 14, який з'єднує патрубок допоміжного потоку повітря 7 за повітряним каналом 11 з патрубком корисного потоку повітря 6 регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача 4. Повітроосушувальна установка (рис. 8) додатково містить на повітропроводі 3 за вентиляторним агрегатом 1 допоміжний сорбційний осушувач повітря 15.

В схемах на рис. 2,4,6,8 використання регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача дає змогу за рахунок термодинамічної нерівноважності у навколишньому середовищі знизити температуру повітря, що подається в осушувач. При зменшенні температури зазначеного повітря підвищується сорбційна спроможність сорбента осушувача, та зменшується температура повітря, яка подається до споживача. Крім того, саме використання регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача дає змогу знизити енерговитрати на обробку повітря, його охолодження в порівнянні з традиційними холодильними машинами.

Використання обвідного повітропроводу з регулюючим клапаном повітря дозволяє за рахунок змішування корисного потоку повітря та необробленого потоку атмосферного повітря отримати параметри повітря на виході з регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача у межах від параметрів атмосферного повітря до його температури точки роси. Це дозволяє з допомогою регулюючого клапана змінювати стан повітря (температуру та відносну вологість) на виході з повітроосушувальної установки і разом з тим допомагає споживачеві повітря регулювати його параметри після повітроосушувальної установки з урахуванням змін у стані атмосферного повітря та своїх технологічних потреб.

Використання клапана повного потоку повітря дозволяє у деяких режимах перепускати повітря в обхід регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача, наприклад, по обвідному повітропроводу.

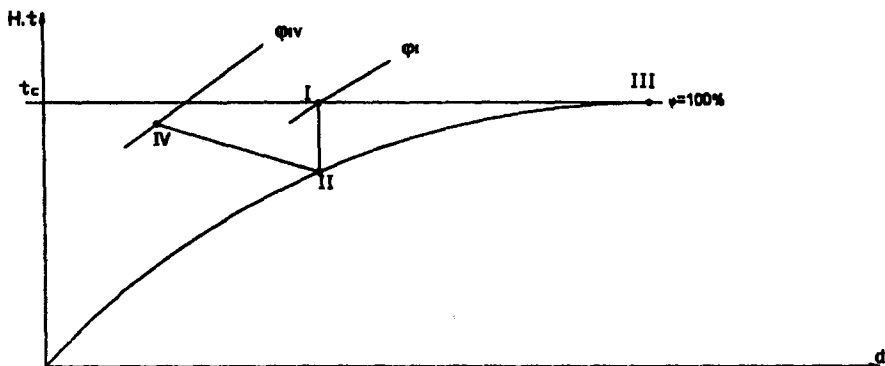


Рис. 3. Процеси обробки повітря на H-d-діаграмі у РПВП за схемою на рис. 2

Використання повітряного каналу з повітряним регулюючим клапаном та допоміжного повітропроводу з допоміжним регулюючим клапаном дає можливість за рахунок перепуску атмосферного повітря до допоміжного потоку повітря та наступного змішування з корисним потоком повітря у більш широкій межі змінювати параметри повітря перед сорбційним осушувачем повітря внаслідок цього розширити межі тепловолігісних параметрів повітря на виході з повітроосушувальної установки.

Спорядження повітроосушувальної установки допоміжним сорбційним осушувачем повітря дозволяє ефективно працювати при високій відносній вологості атмосферного повітря і цим забезпечити роботу установки у теплий період року при будь-яких тепловолігісних параметрах атмосферного повітря.

Таким чином, запропонована удосконалена повітроосушувальна установка розширює діапазон зміни тепловолігісних параметрів на виході з установки за рахунок зниження нижньої межі температур повітря та забезпечує економію енергоресурсів та охолодження повітря.

Повітроосушувальна установка працює таким чином.

Потік повітря з навколишнього середовища за допомогою вентиляторного агрегату 1 всмоктується у повітроосушувальну установку (рис. 2) та скрізь повітропровід 3 і патрубком повного потоку повітря 5 поступає у регенеративний побічно-випарний повітроохолоджувач 4. Далі згідно з відомим принципом роботи регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача 4 потік повітря з навколишнього середовища стану I (рис. 3) (позначення стану повітря на кресленнях та H-d-діаграмах вологого повітря співпадають) у ньому розділяється на

дві частини: корисний та допоміжний. Допоміжний потік насичується вологою за рахунок теплоти повного потоку повітря і викидається у навколишнє середовище у стані т. III скрізь патрубок допоміжного потоку повітря 7 (рис. 2). Корисний потік повітря, охолоджений з параметрами т. II (рис. 3) поступає крізь патрубок корисного потоку повітря 6 (рис. 2) у сорбційний осушувач повітря 4, де осушується, та за рахунок теплоти сорбції, що виділяється при поглинанні сорбентом вологи із повітря, трохи підігрівається. Стан повітря на виході із установки характеризується т. IV (рис. 3). З параметрами т. IV повітря використовується за призначенням. Використання регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача 4 (рис. 2) дозволяє за рахунок термодинамічної нерівноважності у атмосферному повітрі охолодити потік повітря перед сорбційним осушувачем повітря 2 і тим компенсувати підігрів повітря у осушувачі повітря 2. Межею значення температури повітря у т. II (рис. 3) є температура точки роси.

При використанні обвідного повітропроводу 8 (рис. 4) з регулюючим клапаном 9 при необхідності відкриття регулюючого клапана 9 частина повітря з навколишнього середовища спрямовується у обхід регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача 4. Це дозволяє на виході з патрубка корисного потоку повітря 6 отримувати при змішуванні корисного і атмосферного потоків повітря різну температуру повітря, що спрямовує у сорбційний осушувач повітря 2, і цим регулювати параметри повітря на виході з повітроосушувальної установки. Стан повітря перед осушувачем повітря може змінюватися від описуваного т. II до т. I (рис. 5). Як приклад, наведена т. V, при цьому стан повітря на виході з установки – т. IV.

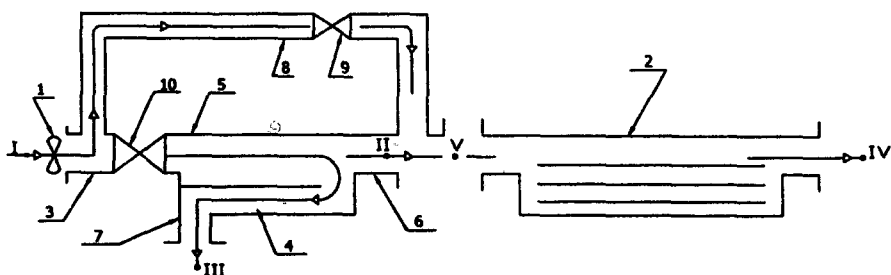


Рис. 4. Схема регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача з осушувачем повітря і обводним повітропроводом

Клапан повного потоку повітря 10 (рис. 4) дозволяє у випадках, коли нема потреби у охолодженні повітря, спрямовувати атмосферне

повітря (кран повного потоку повітря 10 перекрито) повз регенера-
тивний побічно-випарний повітроохолоджувач 4 у сорбційний осушувач
повітря 2.

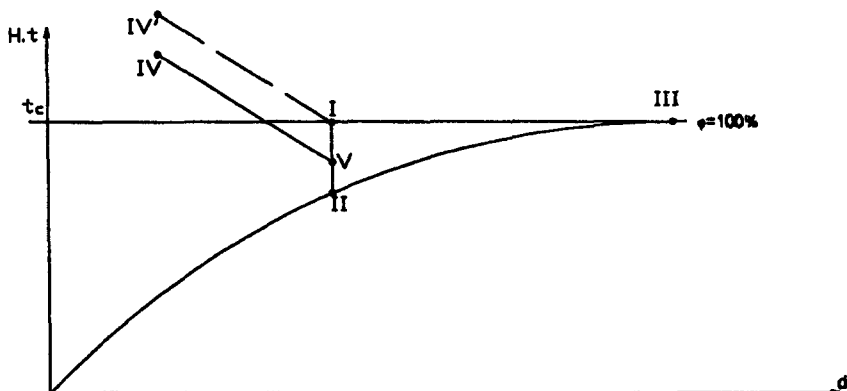


Рис. 5. Процеси обробки повітря на $h-d$ -діаграмі у РПВП за схемою на рис. 4

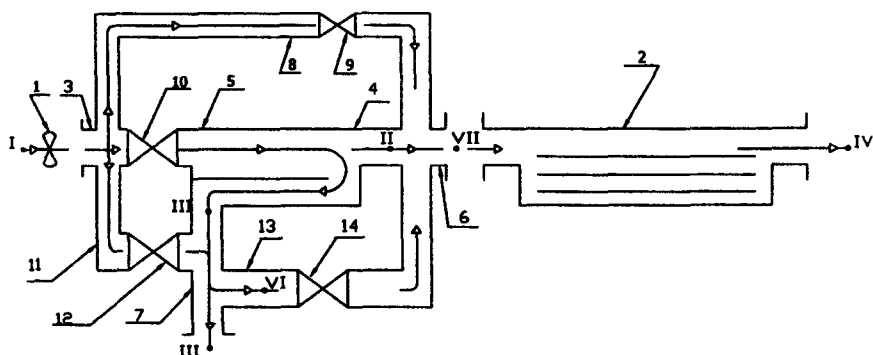


Рис. 6. Схема регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача
з осушувачем повітря, об'єдним повітроводом і повітряним каналом

При використанні повітряного каналу 11 (рис. 6) з повітряним ре-
гулюючим краном 12 та допоміжного повітроводу 13 з допоміж-
ним регулюючим краном 14 при необхідності регулювання відкрит-
тям регулюючого крана 14 можливо у більш ширших межах зміню-
вати параметри повітря перед сорбційним осушувачем повітря 2. На-
приклад (рис. 7), процес змішування атмосферного повітря (стан т. I),
яке поступає по повітряному каналу 11 (рис. 5), з допоміжним потоком

повітря (стан т. 3, рис. 7) визначаються у залежності від ступеня відкриття повітряного регулюючого клапана 12 (рис. 6) точкою на лінії I–III (рис. 7); хай це буде т. VI. Процес змішування повітря стану т. VI з корисним потоком повітря у патрубку корисного потоку повітря 6 (рис. 6) буде визначатися у залежності від ступеня відкриття допоміжного регулюючого клапана 14 точкою на лінії II–VI (рис. 7); припустимо, що це буде т. VII. Таким чином, т. VII може знаходитися на будь-якій частині площини I–II–III, що дозволяє регулювати стан повітря після осушувача повітря 2 (рис. 6) при роботі останнього у сталому режимі у значній межі тепловолігісних параметрів атмосферного повітря.

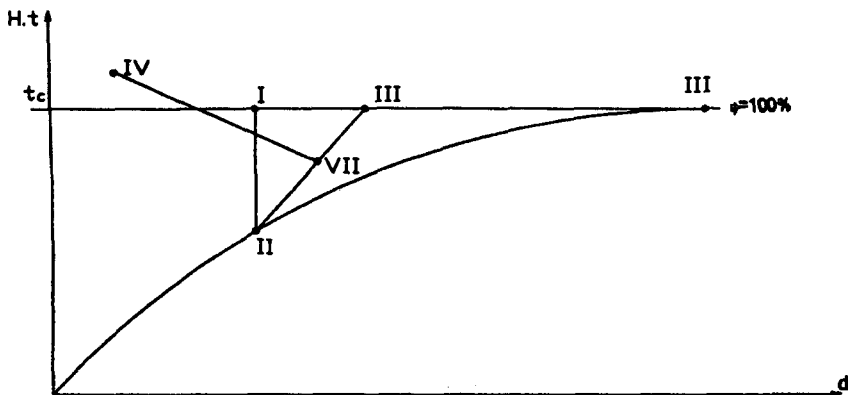


Рис. 7. Процеси обробки повітря на H-d-діаграмі у РПВП за схемою на рис. 6

При наявності допоміжного сорбційного осушувача повітря 15 (рис. 8) реалізуються умови роботи запропонованої повітроосушувальної установки при відповідній вологості атмосферного повітря близької до 100% (стан I, рис. 9). При цьому у допоміжному осушувачі повітря 15 (рис. 8) атмосферне повітря осушується у процесі I–VIII (рис. 9), потім охолоджується у регенеративному побічно-випарному повітроохолоджувачі 4 (рис. 8) у процесі VIII–II (рис. 9) і поступає у сорбційний осушувач повітря 2 (рис. 8), де осушується у процесі II–IV (рис. 9).

Повітроосушувальна установка може бути реалізована з використанням пересувного повітроосушувача [3] продуктивністю 1000 м³/год., який, наприклад, при осушці повітря з $\varphi = 80\%$ до $\varphi = 30\%$ нагріває у адсорбері повітря від 30°C до 40°C. Оптимальна продуктивність, як відомо, регенеративних побічно-випарних повітроохолоджувачів знаходиться у межах 500 м³ – кілька десятків тисяч м³ на годину. Тобто під такий пересувний повітроосушувач за відомими методами можливо

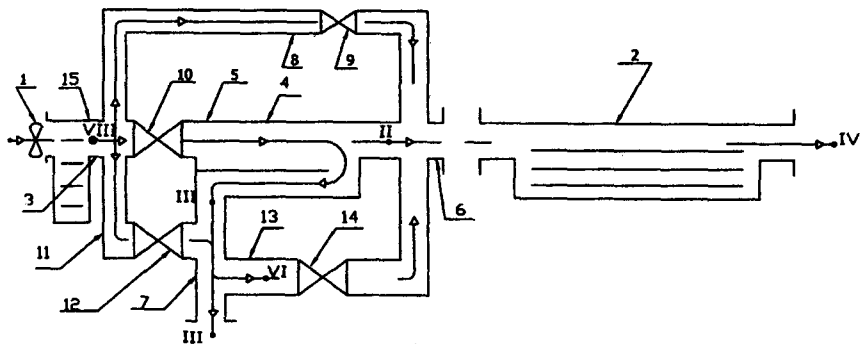


Рис. 8. Схема регенеративного побічно-випарного повітроохолоджувача з осушувачем повітря, обводним повітроводом, повітряним каналом і допоміжним сорбційним осушувачем повітря

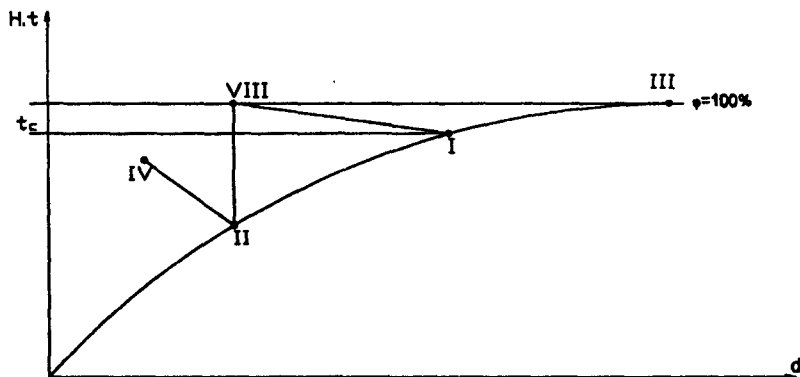


Рис. 9. Процеси обробки повітря на H-d-діаграмі у РПВП за схемою на рис. 8

розрахувати та спроектувати регенеративний побічно-випарний повітроохолоджувач.

На рис. 10 наведено узагальнення можливостей обробки повітря в повітроосушувальних установках згідно з схемами на рис. 2,4,6,8 з урахуванням принципу дії РПВП та сорбційного осушувача повітря. Прийнято для спрощення аналізу, що характеристики осушувача повітря є незмінними. На H-d-діаграмі (рис. 10) є такі процеси:

- а-б – власне процес осушування в установці;
- по лінії I-II – охолодження у РПВП 4 повного (і власне корисного) потоку повітря (схеми на рис. 2,4);

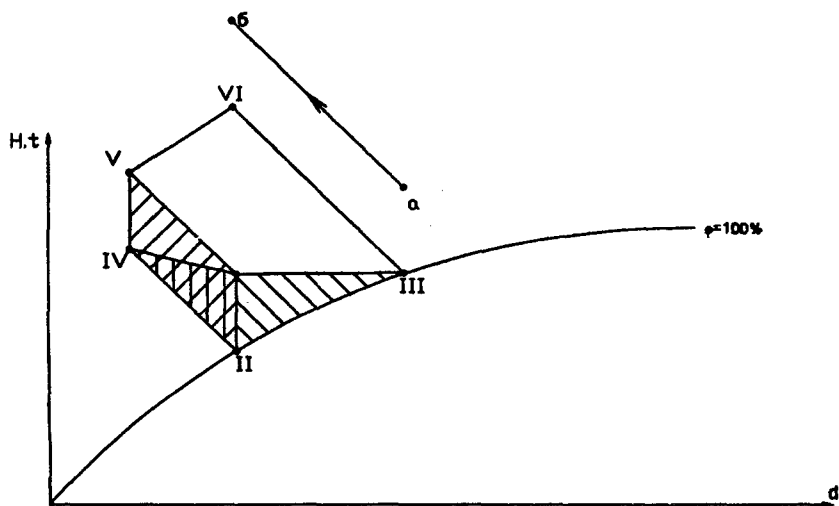


Рис. 10. Узагальнення на $H-t$ -діаграмі вологого повітря процесів тепло-вологісної обробки повітря у різних модифікаціях повітроосушувальної установки

- по лінії I–II–III обробка повітря у РПВП 4 допоміжного потоку повітря (область I–II–III – область параметрів, котрі можуть забезпечити схеми на рис. 6,8 або тільки РПВП 4 при змішанні корисного, допоміжного та повного (т. I) потоків повітря);
- по лінії II–IV – осушка у сорбційному осушувачі повітря 2 корисного потоку (схеми на рис. 2,4,6,8) (область I–II–IV–I – область параметрів, котрі може забезпечити схеми на рис. 2,4,6,8);
- по лінії I–V – осушка потоку повітря станом I у сорбційному осушувачі повітря 2 при закритих клапанах повного потоку повітря 10 в схемах на рис. 4,6,8 (область I–II–IV–V–I – область параметрів, котрі можуть забезпечити схеми на рис. 4,6,8);
- по лінії III–VI – обробка повітря у схемах на рис. 6,8 у сорбційному осушувачі повітря 2 по змішанню повітря стану II і III, коли частка повітря стану II по відношенню до частки повітря стану III мала. У загальному випадку процес осушення повітря відбувається у напрямку а–б від пунктів лінії I–III (область параметрів II–IV–V–VI–III–II – область параметрів, які можуть забезпечити схеми на рис. 6,8).

Схема на рис. 8 може забезпечити працю повітроосушувальної установки при відносній вологості повітря до 100%.

Таким чином, нові пропозиції по обробці повітря з використанням регенеративних повітроосушувальних установок дозволяють розширити межі зміни тепловологісних параметрів обробленого повітря при одночасній економії енергії на охолодження повітря.

Використана література

1. *Пісарев В. Є., Довгалюк В. Б.* Нормалізація вологого стану повітря у спорудах в холодний період року. Збірник “Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання”, 2001, вип. 3. – С. 15–22.
2. Патент України № 42182 А. Повітроосушувальна установка. Пісарев В. Є., Довгалюк В. Б. Промислова власність, 2001, № 9.
3. *Сыщиков В. И.* Сорбционные осушители воздуха – Л., Изд-во литературы по строительству. 1969. – 89 с.