УДК697.93

Чабан І. В., к.т.н., ст. викладач, Кізєєв М. Д., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ОСОБЛИВОСТІ СИТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ, КОНДИЦІОНУВАННЯ ТА ОПАЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ СТАНЦІЙ ВОДОПІДГОТОВКИ

Проведено аналіз параметрів повітряного середовища та конструктивно-будівельних особливостей при формуванні теплових та вологісних потоків будівлях станцій водопідготовки, проаналізовано технічні рішення, щодо забезпечення необхідних температурних, вологісних та санітарно-гігієнічних умов в даних приміщеннях.

Ключові слова: конденсація вологи, станції водопідготовки, температура точки роси, системи вентиляції, системи опалення, осушення повітря, теплові насоси.

Надлишкова волога є однією з головних причин пошкодження та руйнування приміщень з відкритими водними поверхнями, особливо в умовах клімату України. В холодний період року відбувається потік тепла і вологи в напрямку з приміщень на зовні. При цьому волога проникає в стіни, замерзає, в результаті чого бетон і цегляна кладка схильні до розтріскування.

Головною особливістю мікроклімату приміщень станцій водопідготовки є наявність відкритих водних поверхонь з яких відбувається випаровування вологи, а також наявність труб для подачі води з температурою поверхні в перехідний та теплий період року нижче за температуру точки роси зовнішнього повітря. Дана температура є критичним значенням, що визначає величину температури точки роси при якій починається конденсація водяних парів, що містяться в повітрі.

Приміщення станцій водопідготовки має свої відмінні мікрокліматичні та конструктивно-будівельні особливості при формуванні теплових і вологісних потоків, котрі визначають вибір того чи іншого технічного рішення, щодо забезпечення необхідних температурних, вологісних та санітарно-гігієнічних умов. Саме тому розроблення рекомендацій, щодо систем опалення та вентиляції в приміщеннях будівель станцій водопідготовки необхідно проводити враховуючи особливості технологічного процесу.

Проблемною є ситуація, що склалась у приміщені фільтрів, будівлі «Станції знезалізнення» по вул. Чорновола № 89 в м. Рівне. Станція знезалізнення води працює за методом «спрощеної аерації», яка здійснюється при відкритих фільтрах виливом води з подаючої труби в центральний канал фільтра з висоти 0,5-0,6 м при швидкості витікання з труби 1,5-2 м/с.

Низька ефективність технічних рішень, в процесі проектування та будівництва систем вентиляції та опалення в приміщенні зали фільтрів станції знезалізнення по вул. Чорновола № 89, призвели до надвисоких затрат енергії на опалення,при чому температурні параметри повітря в приміщені станції не завжди відповідають нормованим в холодний період року. Головним чином це пояснюється тим, що опалення зали знезалізнення запроектовано ще в 1967 році, як чергове опалення на розрахункову температуру внутрішнього повітря 5 °С [3]. В приміщенні зали знезалізнення організований регульований природний повітрообмін з використанням віконних прорізів та дефлекторів [4]. Приплив повітря здійснюється через прорізи вікон, а видалення через витяжні шахти з дефлекторами Т-17. Неефективність даного проектного рішення пояснюється тим, що робота системи вентиляції розрахована лише на теплий період року, і регулюється ступенем відкриття вікон в залежності від температури зовнішнього повітря, швидкості та напрямку вітру, а в холодний період року вентиляційні шахти герметично закривають.

Внаслідок недотримання нормованих параметрів повітряного середовища вода, яка надходить на станцію з температурою 9-11 °С віддає тепло холоднішому повітрю (рис. 1), температура якого досягає 5-6 °С в холодний період року.

Як видно з I-d діаграми повітря насичується водяними парами, його температура і відносна вологість зростають,створюючи сприятливі умови для конденсації вологи. Конденсат може створюватись, як на поверхні стін, так і в середині паропроникних матеріалів. В паропроникних частинах зовнішніх огороджуючих конструкцій водяні пари прагнуть переміститись із зони високого, в зону пониженого парціального тиску водяної пари. Дане переміщення тим інтенсивніше, чим більший температурний перепад і чим більша вологість повітря.

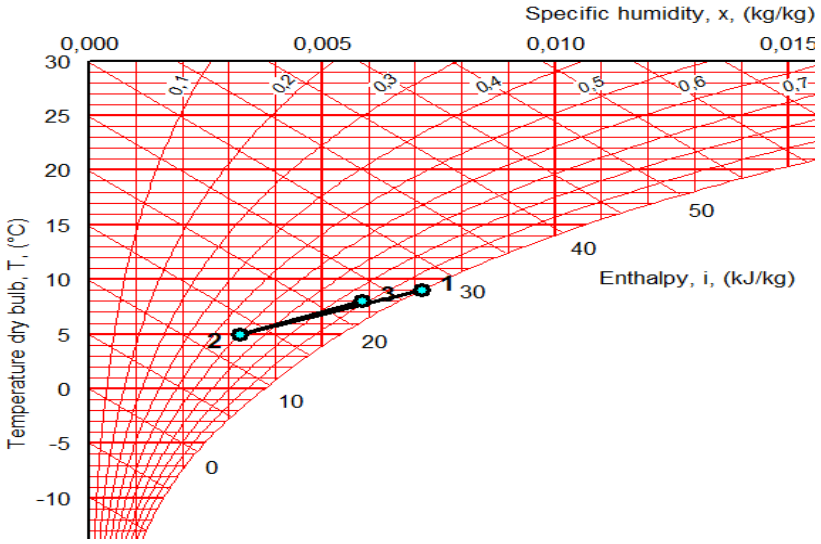

Рис. 1. Зображення зміни параметрів повітря в приміщенні станції знезалізнення: 1-2 – процес змін параметрів повітря над поверхнею води; 2-3 – процес асиміляції вологонадлишків в приміщенні

Якщо температура паропроникності огороджуючих конструкцій опускається до температури конденсації пари, то пара конденсується не тільки на поверхні стіни, але і в середині. При середній температурі опалювального періоду 0,1 °С, виміряній температурі в середині приміщення зали фільтрів 8 °С, нами побудовані графіки температур огороджень та відповідних температур точки роси в товщі зовнішньої стіни та дахового перекриття (рис. 2, 3).

Як наочно видно з рис. 2 конденсат в зовнішніх стінах створюється в шарі вапняно-піщаного розчину, та на внутрішній поверхні залізобетонної плити, саме тому його можна спостерігати у вигляді плісняви в приміщенні зали знезалізнення. На рис. 3 конденсація пари в даховому перекритті, при заданих умовах відбувається у всій товщі бетону. В силу інерційності теплових процесів і наявності градієнта температури по товщині стіни, конденсат всередині паропроникних огороджуючих конструкцій буде зберігатись довше, чим на її поверхні, що в кінцевому етапі призводить до перезволоження огороджуючих конструкцій. Через дію вологи всередині стіни можуть розвиватись різні види плісняви, грибків, які з часом можуть з’явитись на поверхні стін, більшість з яких є активними біодеструкторами, що руйнують бетон (рис. 4).

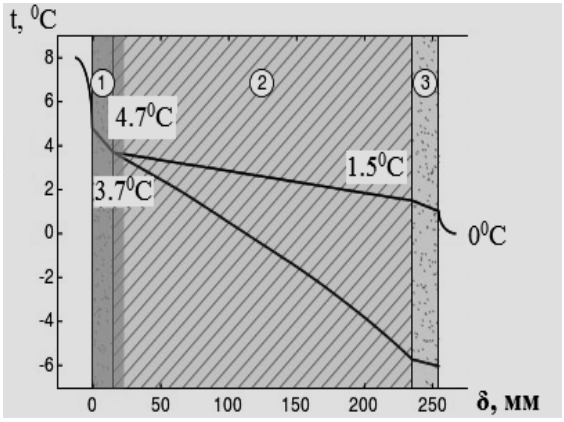

Рис. 2. Утворення конденсату в товщі зовнішньої стіни

Зміна тем□ератури по товщині гіни

Зміна температури точки роси по товщині стіни

Конденсат

1 – вапняно-піщаний розчин; 2 – залізобетонна плита; 3 – цементно-піщаний розчин

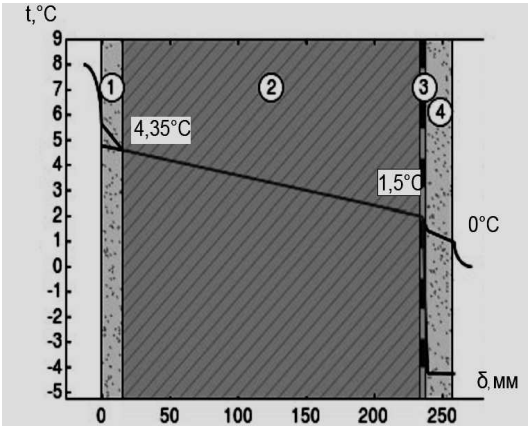

Рис. 3. Утворення конденсату в товщі дахового перекриття

Зміна температури по товщ□ні стелі

Зміна температури точки роси по товщині стіни

Конденсат

1 – вапняно-піщаний розчин; 2 – бетон на щебені з природного каменю; 3 – гідроізоляційний матеріал; 4 – цементно-піщана стяжка

Рис. 4. Руйнування зовнішньої стіни під впливом тривалої дії вологи

Крім того, конденсат створює осередки розвитку плісняви і бактерії, що призводить до ускладнення санітарно-гігієнічної ситуації, особливо на станціях очищення води [5].

Результатом, подальшого недотримання необхідного тепловологісного режиму, може бути повна або часткова непридатність будівлі до експлуатації.

Для зниження перетікання вологи з приміщення зали знезалізнення на зовні необхідно забезпечити нормовані параметри температури та відносної вологості в приміщені. Для мінімального випаровування вологи з поверхні води необхідно, щоб температура повітря в приміщенні була вище температури води. Для досягнення найбільш економічних умов дана різниця температур повинна складати не більше 2-3 °С [7], а відносна вологість повітря 55-60% [5].

Для зниження експлуатаційних затрат на систему опалення необхідно здійснити термомодернізацію будівлі. Утеплення фасадів та даху будівлі зменшує експлуатаційні затрати на опалення на 55 % як показано на рис. 5.

Рис. 5. Річні витрати теплоти системою опалення при утепленні огороджуючих конструкцій і без утеплення

На сьогодні в неутепленому приміщенні зали знезалізнення запроектована однотрубна проточна система з чавунних ребристих труб, максимальною потужністю 56 кВт, яка не покриває тепловтрати в приміщенні зали фільтрів (рис. 6), що складають 100 кВт, при нормованій температурі повітря в приміщенні 14 °С.

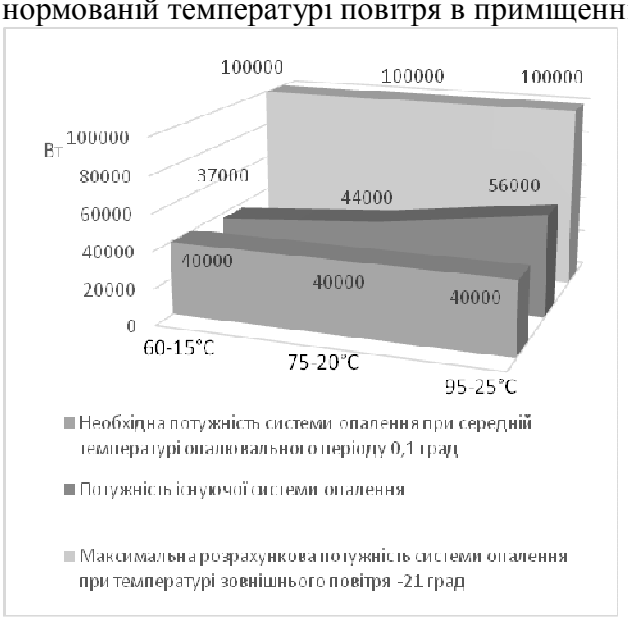

Рис. 6. Потужність існуючої однотрубної системи опалення з ребристими чавунними трубами

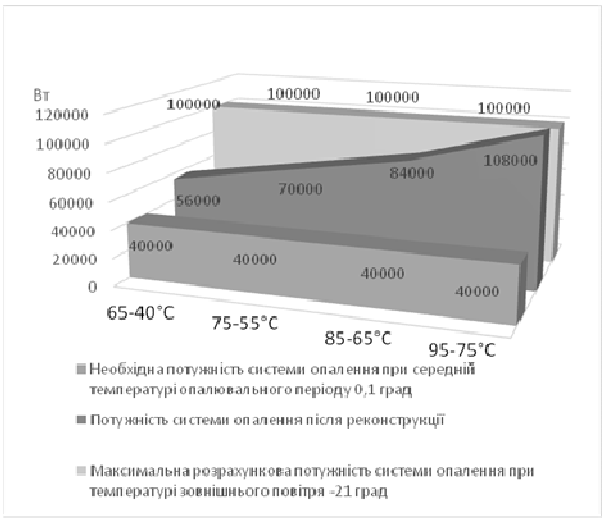

Рис. 7. Потужність двотрубної системи опалення з регістрами в приміщенні зали фільтрів

Замінна існуючої однотрубної системи опалення на двотрубну з регістрами, дає можливість забезпечити нормовану температуру в приміщенні при зовнішній температурі середній за опалювальний період та при перепаді температур теплоносія 65-40 °С, що відповідає максимальній продуктивності газового котла потужність 100 кВт або перепаду температур теплового насосу.

Для зменшення затрат на нагрів теплоносія для системи опалення доцільно розглянути можливість використання, особливостей технологічного процесу, а саме в якості низько потенційного джерела теплоти використовувативоду, що надходить з свердловин водозабору, по сталевих водогонах та подається на обробку (знезалізнення).

Температура води на вході в фільтри коливається протягом року в межах 11-12 °С. Такої температури цілком достатньо для використання теплового насосу в якості джерела тепла в системі опалення будівлі фільтрів. Пониження температури води на 1 °С не призведе

до негативних наслідків при її знезалізненні. Навпаки, це пониження температури води дозволить знизити випаровування вологи з відкритих водних поверхонь. Для отримання низькопотенційного тепла, його доцільно вилучати з напірного сталевого трубопроводу, що подає воду на фільтри. Для чого навколо водогону навивають петлі з металопластикової або поліетиленової труби d=15 мм. Тепловіддача між двома трубами (сталевою і металопластиковою) становить 30 Вт/м.п. труби.

Кількість тепла, що надходить з водою і яку можна вилучити Q, кВт залежить від її витрати та температури

$$Q = c \cdot G_{год} \cdot \Delta T = 1.16 \cdot G_{год} \cdot (\mathrm{T}_1 - \mathrm{T}_2) / 10^{-6} = 870 кВт \cdot год, \quad (1)$$

де $c = 1.16$ – питома теплоємність води, Вт/(кг·К);

$\mathrm{G} = \mathrm{Q}_{доб} / 24 = 18000 / 24 = 750$ – продуктивність по воді, м^3/год;

$\mathrm{T}_1 = 12\,°\mathrm{C}$ і $\mathrm{T}_1 = 11\,°\mathrm{C}$ – температура води до і після вилучення тепла;

$\mathrm{Q}_{доб}$ – витрата води, що обробляється, м^3/доб.

Тепловий насос підбирають на 70% максимальної теплової потужності системи опалення будівлі станції знезалізнення, що відповідає розрахунковій температурі зовнішнього повітря -10 °С. В періоди пікових навантажень системи опалення. Передбачається використовувати потужність існуючих газових котлів.

Необхідна електрична потужність теплового насосу складе

$$N = Q_{буд.філ.} / \mathrm{K}_T = 67 / 4,5 = 15 кВт, \quad (2)$$

де $\mathrm{Q}_{буд.філ} = \mathrm{k} \cdot \mathrm{Q}_{буд} = 0.7 \cdot 100 = 67$ – необхідна теплова потужність теплового насосу для опалення приміщення зали фільтрів, при температурі зовнішнього повітря -10 °С, кВт;

K_T – коефіцієнти перетворення.

Крім забезпечення та підтримання нормованих температурних параметрів, з повітряного середовища, необхідно видаляти надлишок вологи.

На сьогодні існують два основні методи осушення повітря: асиміляція вологонадлишків з допомогою системи вентиляції та осушення повітря в спеціальних установках.

Метод асиміляції вологи з допомогою системи вентиляції є найменш затратним з точки зору капітальних вкладень, проте здатність поглинання водяних парів обмежена і не постійна, оскільки залежить від пори року, температури і вологовмісту атмосферного повітря.Найбільша ефективність даного методу спостерігається при мінімальних значеннях температури зовнішнього повітря, що веде до великих експлуатаційних затрат. Для економії експлуатаційних затрат в припливно-витяжній установці передбачають встановлення пластинчастого рекуператора тепла, який дозволяє підігрівати зовнішнє повітря за рахунок теплоти витяжного повітря.

Система вентиляції з осушенням повітря працює в режимі рециркуляції і подає свіже повітря в кількості, що необхідна за санітарними нормами, а система осушення видаляє вологу з повітря. На сьогодні існує два способи осушення повітря – конденсаційний і адсорбційний.

Конденсаційні осушувачі засновані на конденсації вологи на охолоджених поверхнях. Повітря проходить через охолоджений теплообмінник на якому волога осідає в якості конденсату. Після чого охолоджене повітря нагрівається і подається в приміщення. Ефективність конденсаційних осушувачів різко падає зі зменшенням вологості та температури повітря, внаслідок чого відбувається збільшення повітрообміну та витрат тепла на нагрів повітря від температури конденсації до температури повітря, яке необхідно подати в приміщення. На рис. 8 наведене порівняння річного споживання теплової енергії системами вентиляції та осушення повітря в приміщенні зали знезалізнення в холодний період року.

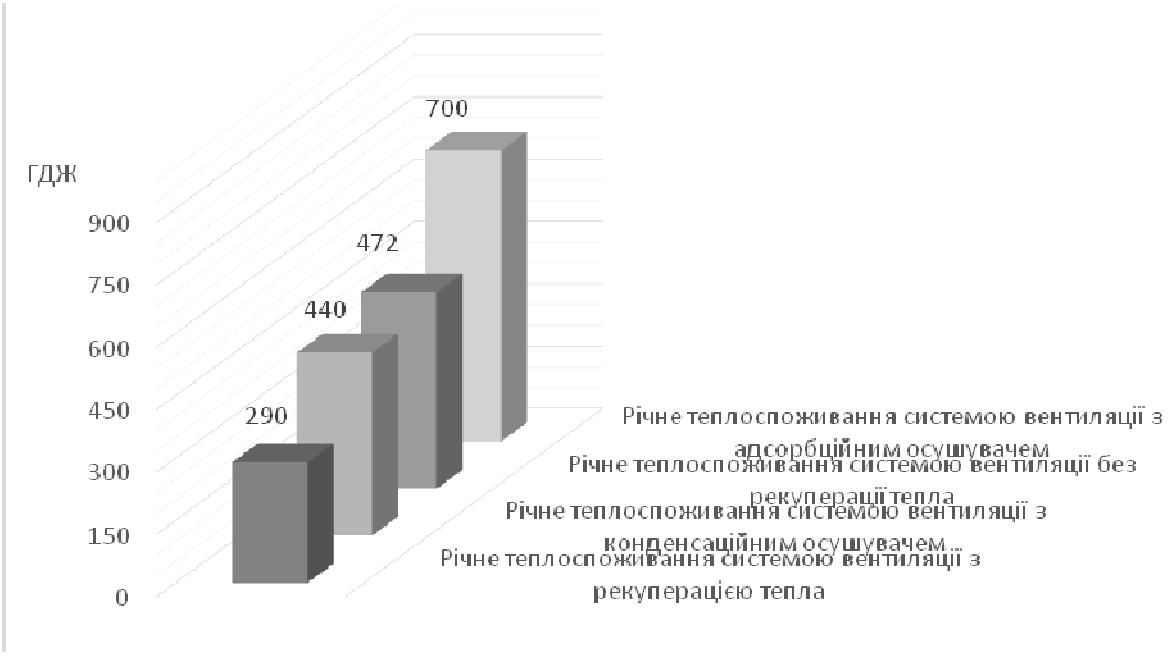

Рис. 8. Річне споживання тепла системами вентиляції та осушення повітря в приміщенні зали знезалізнення

Найбільш якісним та ефективним методом поглинання вологи в приміщенні зали знезалізнення є використання роторних осушувачів повітря у зв'язку з невисокою температурою повітря 14 °С. Даний метод характеризується не високими затратами на підігрів рециркуляційного повітря, про те недоліком є безповоротні втрати тепла на регенерацію сорбенту. Тому даний метод осушення найефективніший у тому випадку коли повітря регенерації (вологе тепле повітря) можливо використовувати як повітряне опалення допоміжних приміщень.

Системи забезпечення та підтримання параметрів повітряного середовища в приміщеннях станцій водопідготовки морально застаріли, що є причиною надвисоких затрат енергії, при чому температурні та вологісні параметри повітря не завжди відповідають нормованим. Результатом подальшого недотримання необхідного тепловологісного режиму, може бути повна або часткова непридатність будівель до експлуатації в наслідок руйнації огороджуючих конструкцій під тривалою дією вологи.

Приміщення станцій водопідготовки мають свої відмінні мікрокліматичні та конструктивно-будівельні особливості при формуванні теплових і вологісних потоків, котрі визначають вибір того чи іншого технічного рішення щодо забезпечення необхідних температурних, вологісних та санітарно-гігієнічних умов.

На сьогодні в Україні має місце диспропорція між цінами на паливо і електроенергію з причин соціального характеру. Даний фактор визначає економічну ефективність застосування теплових насосів. Про те застосування теплових насосів в будівлі «Станції знезалізнення» повинне ґрунтуватись на техніко-економічному аналізі та враховувати особливості технологічного процесу.

1. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди Основні положення проектування:ДБН В.2.5-74:2013. − [Чинні від 2013-08-04]. / Мінрегіон України. − К. : Укрархбудінформ, 2011. − 180 с. – (Державні будівельні норми України).
2. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013 [Чинні від 2007–04–01] // Мінрегіонбуд України. – К. : Укрархбудінформ, 2013. – 141 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Нестеренко А. В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха: Учебн. пособие, изд. 3, доп. / А. В. Нестеренко – М. : Высшая школа, 1971. – 460 с.
4. Богословский В. Н. Тепловой режим зданий / В. Н. Богословский. − М. : Стройиздат, 1979. − 248 с.
5. Кізєєв М. Д., Чабан І. В. Системи опалення будівель фільтрів станцій водопідготовки/ Вісник

ОДАБА. − Вип. № 59. − Одеса : Optimum, 2015. – 342 с.
6. Богословский, В. Н. Климатическое обеспечение проектирования и эксплуатации зданий с эффективным использованием энергии / В. Н. Богословский, Ю. Я. Кувшинов, Е. Г. Малявина // Тр. междунар. симп. «Строит, климатология». − М., 1982. – С. 45–61.
7. Зайцев О. Н. Проектирование систем водяного отопления / Зайцев О. Н., Любарец А. П. // – Вена-Киев-Одесса : ГЕРЦ Арматурен ГмБх, 2008. – 200 с.
8. Ананьев В. А. Системы вентиляции и кондиционирования. Теория и практика. / В. А. Ананьев [и др.]/ – Евроклимат, 2001. – 416 с.
9. Кокоркин О. Я. Современные системы кондиционирования воздуха / О. Я. Кокоркин – М. : Издательство физико-математической литературы, 2003. – 272 с.

Рецензент: д.т.н., професор Хлапук М. М. (НУВГП)

Chaban I. V., Candidate of Engineering, Senior Lecturer, Kizeev M. D., Candidate of Engineering, Associate Professor (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

SPECIAL FEATURES OF VENTILATION, AIR CONDITIONING AND HEATING SYSTEMS IN WATER TREATMENT PLANT BUILDINGS

Analyzed of air environment parameters and design-building features of moisture and heat flows formationin water treatment plant buildings, analyzed of technical solutions of temperature, humidity and sanitary conditions limitation maintenance in these areas.

Keywords: moisture, water treatment plants, dew point temperature, ventilation, heating, dehumidification, heat pumps.

Чабан И. В., к.т.н., ст. преподаватель, Кизеев М. Д., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОСОБЕННОСТИ СИТЕМЫ ВЕНТИЛЯЦИИ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ И ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЙ СТАНЦИЙ ВОДОПОДГОТОВКИ

Проведен анализ параметров воздушной среды и конструктивно-строительных особенностей при формировании тепловых и влажностных потоков в зданиях станций водоподготовки, проанализированы технические решения по обеспечению необходимых температурных, влажностных и санитарно-гигиенических условий в данных помещениях.

Ключевые слова: конденсация влаги, станции водоподготовки, температура точки росы, системы вентиляции, системы отопления, осушения воздуха, тепловые насосы.