

ОЦІНКА РИЗИКУ ЗАМЕРЗАННЯ ВОДИ У ВНУТРІШНІХ ІНЖЕНЕРНИХ СИСТЕМАХ БУДІВЕЛЬ В УМОВАХ НИЗЬКИХ ТЕМПЕРАТУР

Аварійні пошкодження внутрішніх інженерних систем будівель, пов'язані із замерзанням води, є поширеною проблемою експлуатації житлового фонду в регіонах із холодним кліматом. Низькі температури зовнішнього повітря, поєднані з конструктивними та експлуатаційними особливостями інженерних систем, можуть призводити до порушення їх роботи, втрати герметичності трубопроводів та виникнення аварійних ситуацій. Особливо актуальною ця проблема є для житлових будівель, де надійність функціонування систем водопостачання, опалення та водовідведення безпосередньо впливає на умови проживання людей та безпеку експлуатації будівель.

Замерзання води у трубопроводах є складним фізичним процесом, що супроводжується збільшенням об'єму води під час переходу у твердий стан (кристалізація) та виникненням значних внутрішніх напружень у матеріалі труб. У разі відсутності компенсаційних можливостей це може призводити до розривів трубопроводів, мікротріщин або порушення герметичності різьбових і фланцевих з'єднань. Крім безпосередніх аварійних пошкоджень, повторні цикли замерзання і відтавання спричиняють прискорений знос елементів інженерних систем і знижують їх експлуатаційну довговічність. Аналіз практики експлуатації будівель показує, що найбільш уразливими є ділянки трубопроводів, розміщені в неопалюваних приміщеннях або поблизу зовнішніх огорожувальних конструкцій, а також елементи систем із недостатнім теплотехнічним захистом.

Суттєву роль у формуванні ризику замерзання води відіграють проєктні та експлуатаційні чинники. До них належать нераціональне розміщення трубопроводів, недостатня або пошкоджена теплоізоляція, зниження температури в приміщеннях нижче нормативних значень, а також порушення режимів циркуляції води або теплоносія. Особливо небезпечними є ситуації тимчасового припинення роботи системи опалення у холодний період року, що призводить до поступового охолодження внутрішнього повітря та елементів інженерних систем будівлі.

Для оцінювання розвитку таких процесів доцільно використовувати спрощені теплові моделі, які дозволяють визначати зміну температури приміщення у часі після припинення роботи системи опалення. Використання подібних моделей дає можливість встановити момент досягнення критичних температурних рівнів у приміщенні та оцінити часовий інтервал, протягом якого можуть виникнути умови для замерзання води у трубопроводах і опалювальних приладах. Такий підхід дозволяє не лише якісно аналізувати причини аварій, а й кількісно оцінювати ризики їх виникнення.

Результати розрахунків показують, що швидкість охолодження приміщення значною мірою залежить від температури зовнішнього повітря та теплотехнічного стану огорожувальних конструкцій будівлі. Для типової квартири багатоквартирного житлового будинку час зниження температури внутрішнього повітря до значень, близьких до 0 °С, може становити від декількох десятків годин залежно від температури зовнішнього середовища та наявності утеплення огорожувальних конструкцій. Після досягнення температури замерзання подальша кристалізація води в опалювальних приладах відбувається протягом відносно короткого часу, що суттєво підвищує ризик аварійних пошкоджень інженерних систем.

Зниження ризику замерзання води у внутрішніх інженерних системах можливе за рахунок комплексного підходу, який включає раціональне розміщення трубопроводів у межах опалювального об'єму будівлі, застосування ефективної теплоізоляції, забезпечення стабільної циркуляції теплоносія або води, а також контроль температурних режимів у технічних і допоміжних приміщеннях. Реалізація таких інженерних та організаційних заходів дозволяє підвищити експлуатаційну надійність систем водопостачання, водовідведення та опалення і зменшити ймовірність аварійних ситуацій у холодний період року.