

Є.Г. Стоянов, О.Ю. Кулаков, Д.О. Корпич

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ВІДНОВЛЕННЯ ХЛАДОЕФЕКТИВНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРОМИСЛОВИХ ХОЛОДИЛЬНИКІВ

Аналізуються причини руйнування огороджувальних конструкцій промислових холодильників і зниження їх хладоефективності.

Розглядаються методи відновлення експлуатаційної придатності і підвищення хладоефективності холодильників при їх реконструкції на базі застосування нових сучасних матеріалів і технологій.

Ключові слова: хладоефективність, армування, навантаження, реконструкція.

Постановка проблеми

Промислова холодильна установка – це комплекс, який включає в себе генератор холоду, охолоджуючу систему та допоміжні пристрої, призначений для отримання та використання штучного холоду в технологічних процесах в харчовій, хімічній, металургічній, гірській, нафтовій, газовій і медичній промисловості.

Завдання холодильної техніки – забезпечити створення оптимальних умов холодильної технології при мінімальних втратах сировини, збереження високої якості продукції, що випускається.

Холодильники класифікують залежно від призначення, виду продуктів, що зберігаються, місткості та поверховості. Холодильники поділяють на: заготовчі, виробничі, транспортно-експедиційні, розподільчі, перевалочні, торгові та побутові. В рамках цієї роботи розглядаються виробничі промислові холодильники [1].

Актуальними питаннями при проектуванні нових промислових установок, а також при експлуатації вже існуючих, є економія енергії на виробництво холоду, а також захист огороджувальних конструкцій від руйнування через потрапляння на них вологи.

Аналіз конструктивних схем холодильників

В країнах колишнього СРСР до недавнього часу в основному використовувались промислові холодильники, побудовані за двома типовими схемами: одноповерхові та багатоповерхові холодильники.

Каркас одноповерхових холодильників складається з залізобетонних колон та балок, або металевих ферм, по яких укладається настил. Навантаження передаються на каркас будівлі, а огороджувальні конструкції є самонесучими. У відмінності від промислових будівель навантаження на 1 м^2 покриття більш

високе внаслідок використання підвісного обладнання і теплоізоляції та досягає 2000 кг/м^2 [2].

Багатоповерхові холодильники зазвичай мають чотири-п'ять поверхів. Між тим підвищення поверховості вважається недоцільним через збільшення витрат на вертикальне переміщення вантажів та ускладнення фундаментів.

Будівлю багатоповерхового холодильника зазвичай виконують у вигляді каркасної конструкції при сітці колон $6 \times 6 \text{ м}$. Стіни самонесучі, складені з повнотілої цегли з використанням теплоізоляції, або спеціальних збірних стінових панелей. Зовнішні стіни кріплять до каркасу. Несучий каркас складається із залізобетонних колон, капітелей і залізобетонних гладких надколонних плит, вкладаємих взаємно перпендикулярно по рядах колон. Всі елементи каркасу будівлі виконуються у вигляді збірних елементів, або монолітними [3].

В сучасних реаліях при будівництві промислових холодильників віддають перевагу збірним холодильним камерам із сендвіч-панелей. Холодильник може бути у вигляді окремої камери, або вбудованим в капітальні цегляні, або залізобетонні будівлі.

Сендвіч-панелі мають багатошарову конструкцію, основою яких є теплоізоляція, що закрита з обох сторін тонкостінним металевим листом з полімерним покриттям [4]. Панелі для стін і стелі виконують із сталевих листів товщиною $0,5 \text{ мм}$, а для підлоги – із сталевих листів товщиною $1,2 \text{ мм}$. В якості теплоізоляції зазвичай використовують пінополіуритан. Для герметизації стиків використовують монтажну піну і силіконовий герметик.

Промислові холодильні камери мають висоту до $12-14 \text{ м}$ і практично необмежені розміри, відносяться до капітальних будівель. Для них використовується спеціальні сендвіч-панелі з високою навантажувальною здатністю. Внутрішній об'єм зазвичай розподіляють внутрішніми перегородками на декілька секцій.

Промислові вбудовані холодильні камери зберігання встановлюють всередині капітальних цегляних або залізобетонних будівель. Вся їх конструкція опирається на несучі конструкції будівлі. Сендвіч-панелі кріпляться до капітальних стін і стелі будівлі зсередини. Стельові панелі підвішуються до перекриттів за допомогою спеціальних металевих конструкцій. Ворота та двері для зниження енергоспоживання виготовляють так же як і сендвіч-панелі і оснащуються високоякісним подвійним ущільнювачем[5].

Формулювання мети статті

Промислові холодильники, що побудовані в 60-ті роки минулого сторіччя і існують донині, мають теплоізоляцію із мінеральної вати, яка за час експлуатації втратила свої теплоізоляційні якості, а конструктивні рішення огорожувальних елементів потребують значної модернізації.

Тому актуальною є розробка рішень з відновлення експлуатаційної придатності огорожувальних конструкцій промислових холодильників.

Виклад основного матеріалу

Аналіз причин руйнування зовнішніх огорожувальних конструкцій.

Дослідження причин руйнування зовнішніх огорожувальних конструкцій виконане на прикладі промислового холодильника, що побудований за типовим проектом серії №494 «Промышленные холодильники емкостью 16000т» (Гипрохолод. Министерство торговли СССР 1958г.), що знаходиться на території ТОВ «ХЛАДОПРОМ» у м. Харків[6].

Будівлю холодильника виконано п'ятиповерховою з підвалом. В якості огорожувальних конструкцій використані збірні залізобетонні самонесучі панелі [7].

Стінові панелі виконано з важкого залізобетону класу С16/20 (міцність бетону встановлено неруйнівним методом) [8].

Плитна частина має товщину 60мм, висота ребра плити складає 120мм.

При детальному обстеженні панелей зафіксовано, що залишкова площа перетину армування панелі становить 25-40% від проектних величин.

Армування панелі: плитна частина – пласка сітка з арматури Ø6A240С, чарунка 150мм; ребра мають армування у вигляді каркаса з робочою арматурою Ø20A400С.

В ході обстеження було виявлено випинання стінових панелей в окремих ділянках (Рис. 1).

При детальному обстеженні панелей зафіксовано, що залишкова площа перетину армування панелі становить 25-40% від проектних величин (Рис. 2).

До причин зносу стінових панелей можна віднести:

1) порушення температурно-вологісного режиму. При обстеженні зафіксовано, що при виконанні вантажних робіт двері та ворота окремих камер значний проміжок часу знаходяться у відкритому стані, а завіси знаходяться в зношеному стані. Це сприяє потраплянню додаткової вологи з вестибюлів та зовнішнього середовища;

2) відсутність паро-гідроізоляції між утепленням та стіновими панелями. Через різницю температур між внутрішнім та зовнішнім простором, а також через різницю парціального тиску через огорожувальні конструкції має місце потрапляння до холодильної камери вологи, яка конденсується між утеплювачем та стіновими панелями. Крім того відсутня дренажна система для відведення зайвої вологи з під утеплювача;

3) використання в якості матеріалу утеплення стін мінераловатних плит. Мінераловатні плити мають значну гігроскопічність. Конденсат, що виникає в процесі роботи на поверхні стінових панелей, поглинається мінеральною ватою. Це приводить до зниження теплоізоляційних властивостей аж до втрати їх в цілому. При даному типі утеплення неможливо виконати теплоізоляцію без швів, а також враховуючи те, що теплоізоляцію виконано по дерев'яному каркасу, виникають значні тепловтрати через містки холоду [9].

Враховуючи зниження теплотехнічних показників матеріалів утеплення можна зробити висновок, що точка роси на даний час знаходиться в товщі стінових панелей, а не в утеплювачі [10]. Це призвело до корозії арматури стінових панелей та зниженню опору пасивному тиску вітру, що спровокувало випинання панелей. Також варто зазначити, що температура стінових панелей протягом доби носить знакозмінний характер (тепла пора року), що призвело до додаткового їх руйнування.

Рекомендації щодо відновлення експлуатаційної придатності огорожувальних конструкцій.

Для відновлення експлуатаційної здатності стінових панелей запропоновано 2 конструктивних рішення:

1) Ремонт стіни без демонтажу «вирячених» панелей (Рис. 3).

Влаштуються противітрові пояси в двох рівнях в кожному поверсі, які сприймають вітрове навантаження і передають його на каркас будівлі.

2) Локальний ремонт стінових панелей (Рис. 4).

Вирізається вирішена тонкостінна частина стінової панелі між ребрами, і в відчинений проріз вставляється панель зі сталевим каркасом або сендвіч-панель. Кріплення вставки здійснюється по поздовжнім ребрам стінових панелей з подальшою герметизацією стиків.



Рис. 1. Замокання вирячених стінових панелей



Рис. 2. Стан армування плитної та ребристої частини стінової панелі

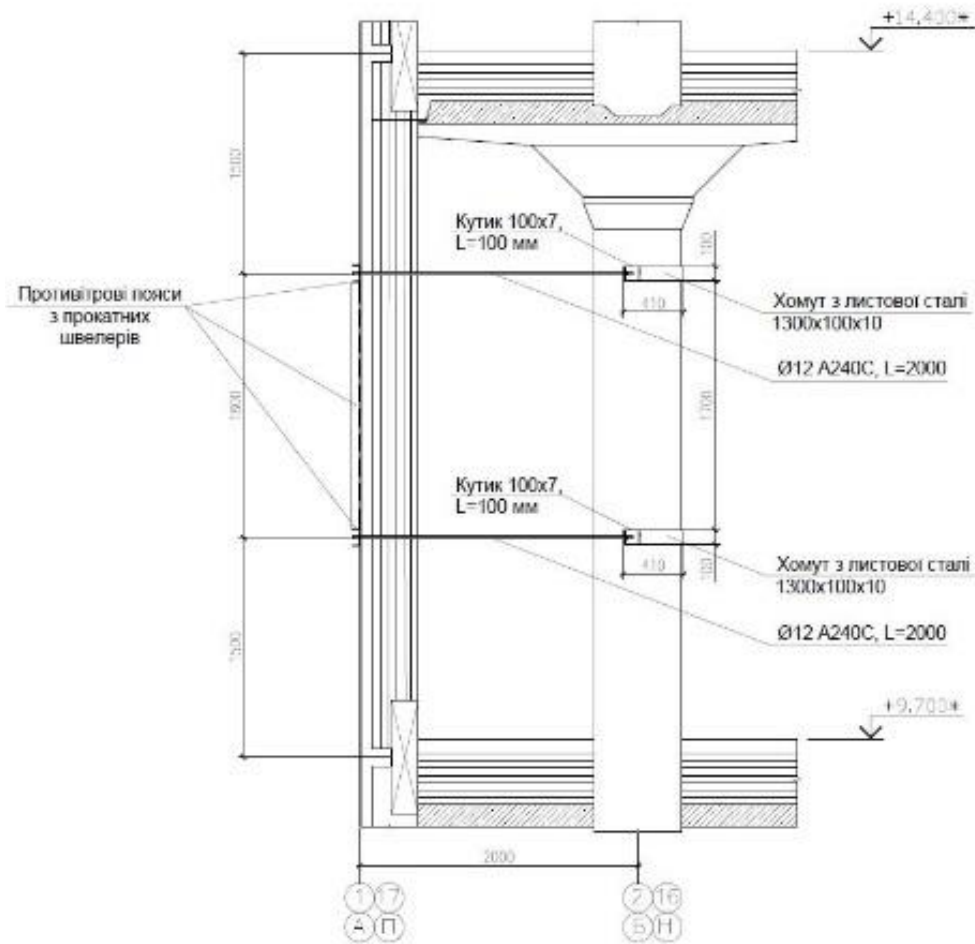


Рис. 3. Ремонт огорожувальних конструкцій без демонтажу стінових панелей

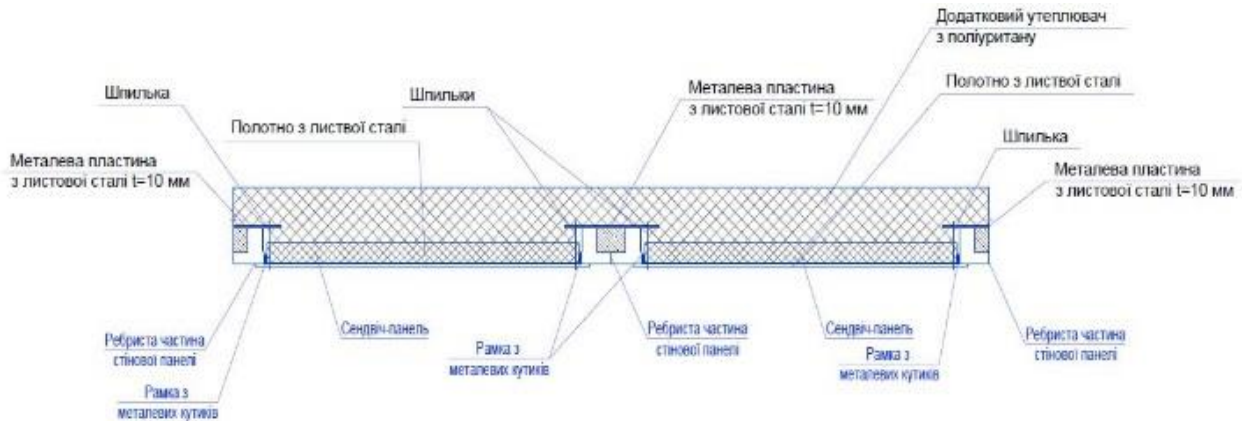


Рисунок 4. Заміна плитної частини стінових панелей на сендвіч-панель

Висновки

Відновлення експлуатаційної придатності огорожувальних конструкцій промислових багатопверхових холодильників має доцільний характер, бо не потребує демонтажу існуючих залізобетонних огорожувальних конструкцій будівель. Заміна старої теплоізоляції на сучасні ізоляційні матеріали, нові сучасні технології дозволяють значно продовжити строк експлуатації холодильників.

Література

1. Чумак, І.Г. Холодильные установки [Текст] / И.Г. Чумак, В.П. Чепурненко, С.Г. Чуклин. – М. Легкая и пищевая промышленность, 1981. – С. 7-29.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [Текст] – Київ: Мінбуд України, 2006.
3. Холодильники багатопверхові [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://chem21.info/info/148023>.
4. ДСТУ Б EN 14509:2014. Панелі самонесучі з двостороннім металевим облицюванням. Вироби заводського

виготовлення. Технічні умови. [Текст] – Київ: Мінрегіон України, 2015.

5. Промислові холодильні та морозильні камери [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.frigodesign.ru/chambers/>.

6. Технічний звіт про стан несучих конструкцій головного корпусу холодильника (Літ. А-5) ТОВ «ХЛАДОПРОМ» по вул. Хабарова, 1 в м. Харків з розробкою рекомендацій по забезпеченню подальшої надійної та безпечної експлуатації (2019) [Текст] / Є.Г. Стоянов, О.Ю. Кулаков, Д.О. Корпич.

7. ДБН В.2.6-98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. [Текст] – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011.

8. ДСТУ В.2.6-156:2011. «Бетонні та залізобетонні конструкції з важкого бетону. Правила проектування. [Текст] – Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.

9. ДСТУ Б В.2.6-189:2013. Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. [Текст] – Київ: Мінрегіон України, 2014.

10. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Текст] – Київ: Мінрегіонбуд України, 2017.

References

1. Chumak, I.He., Cherpurnenko, V.P., Chuklyn, S.He. (1981) Refrigeration units. Moscow: Light and Food Industry.
2. DBN B.1.2-2:2006, *Loads and impacts. Design rules*. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2006.
3. Refrigerators are multistory. Retrieved from <https://chem21.info/info/148023>.
4. DSTU B EN 14509:2014, *Self-supporting Panels with Double-sided Metal Cladding. Products of Factory Production. Specifications*. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2015.
5. Industrial Refrigerators and Freezers. Retrieved from <https://www.frigodesign.ru/chambers/>.
6. Stoyanov, Ye.H., Kulakov, O.Y., Korpuch, D.O. (2019) Technical Report on the Condition of Load-bearing Structures of the Main Body of the Refrigerator (Lit. A-5) LLC

"HLADOPROM" on the street. Khabarova, 1 in Kharkiv with the Development of Recommendations for Further Reliable and Safe Operation.

7. DBN B.2.6-98:2009, *Designs of Buildings and Structures. Concrete and Reinforced Concrete Structures. Substantive Provisions*. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2011.

8. DSTU B.2.6-156:2011, *Concrete and Reinforced Concrete Structures Made of Heavy Concrete. Design rules*. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2010.

9. DSTU B B.2.6-189:2013, *Methods of Choosing Thermal Insulation Material for Building Insulation*. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2014.

10. DBN B.2.6-31:2016, *Thermal Insulation of Buildings*. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine, 2017.

Рецензент: д-р техн. наук, проф., завідувач кафедри будівельних конструкцій В.С. Шмуклер, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Автор: СТОЯНОВ Євгеній Геннадійович
кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри будівельних конструкцій
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – stoyanoveg@ukr.net

Автор: КУЛАКОВ Олександр Юрійович
асистент кафедри будівельних конструкцій
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – kulakov_aaa@ukr.net

Автор: КОРПИЧ Денис Олександрович
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – denis.korpich@gmail.com

RESTORATION OF COOLING EFFICIENCY OF INDUSTRIAL REFRIGERATOR CONSTRUCTIONS

E. Stoyanov, O. Kulakov, D. Korpuch

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

Topical issues in the design of industrial refrigerators, as well as in the operation of existing ones, are energy savings for the production of cold, protection of building envelopes from destruction due to moisture.

The causes of the destruction of the enclosing structures are investigated using the example of an existing industrial refrigerator with a capacity of 16,000 tons, built in 1958 according to a standard project with 5 floors and a basement.

Prefabricated reinforced concrete self-supporting ribbed slabs made of concrete of class C16 / 20 were used as enclosing structures. The panel plate has a thickness of 60 mm and a rib height of 120 mm. The tile part is reinforced with a mesh of reinforcement Ø 6A240C with a mesh of 150 mm. The ribs are reinforced with a frame with working reinforcement Ø 20A400C.

For reasons of violation of the temperature and humidity regime, the lack of waterproofing between the insulation and wall panels, the destruction of mineral wool insulation, the dew point has moved to the thickness of the wall panels, which caused corrosion of the reinforcement with a decrease in its working section by 60-75%. Under the influence of passive pressure, the slab part of the wall panels underwent buckling and partial destruction.

To restore the operational properties (strength and cold efficiency) of wall panels, reconstruction options are proposed: wall repair without dismantling bulging panels by installing a new polyurethane insulation and an external steel frame throughout the facade; the second option is the local repair of individual panels with the dismantling of thin-walled bulging parts and replacing them with sandwich panels with joint sealing instead.

Keywords: refrigerant efficiency, reinforcement, load, reconstruction.