

Міністерство освіти і науки України
Академія будівництва України
Національний університет водного господарства та
природокористування
Північно-Західне територіальне відділення АБУ

РЕСУРСОЕКОНОМНІ МАТЕРІАЛИ, КОНСТРУКЦІЇ, БУДІВЛІ ТА СПОРУДИ

Збірник наукових праць

Випуск 20

Рівне-2010

Гапонова Л.В. (Харьковская национальная академия городского хозяйства, г. Харьков)

ИЗУЧЕНИЕ ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА СТАЛЕБЕТОННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ХОЛОДИЛЬНИКОВ.

Приведены результаты численных исследований влажностного режима ограждающих конструкций промышленных холодильников при нестационарных условиях диффузии водяного пара.

The moisture regime of safety construction of industrial refrigerators has been studied.

Цели и задачи исследования. Следует изучить влажностный режим эксплуатации ограждающих конструкций промышленных холодильников при нестационарных условиях диффузии водяного пара. С технологическими температурами: в морозильных камерах $-30 \div -35^\circ\text{C}$; камера хранения мороженных грузов -18°C и охлажденных грузов 0°C . Относительная влажность воздуха 70-95%.

Анализ исследований. Разработкой методов расчета температурно-влажностных полей занимались С.В. Александровский, А.В. Лыков, К.Ф. Фокин, С.Л. Фомин [1, 2]. При обследовании влажностного состояния ограждающих конструкций следует установить причины их увлажнения. В общем случае можно отметить следующие причины: строительная влага, грунтовая влага, метеорологическая влага, эксплуатационная влага, гидроскопическая влага, конденсация влаги из воздуха. В подавляющем большинстве случаев конденсация влаги является единственной причиной повышения влажности ограждающих конструкций. Конденсация влаги может происходить как на поверхности ограждения, так и в его толще.

Следует отметить, что отсутствие конденсации влаги на поверхности ограждения не гарантирует ограждение от увлажнения, так как оно может происходить вследствие конденсации водяных паров в толще самого ограждения.

При выборе ограждений холодильных корпусов особое внимание следует уделять устройству ограждений против доступа и конденсации паров воздуха в толще изоляционного покрытия. Температурно-влажностный режим должен быть постоянным в камерах. Расчетная температура воздуха в камерах промышленных холодильников и относительная влажность воздуха приведены в табл. 1 [3].

Таблица 1
Температура и влажность внутреннего воздуха основных помещений холодильников.

| Камеры | Расчетная температура воздуха, $^\circ\text{C}$ | Относительная влажность, % |
|---|---|----------------------------|
| Охлаждения пищевых продуктов, мяса и субпродуктов | -2 | 90-95 |
| Замораживания мясных туш | -30 | - |
| Хранение мороженных продуктов | -18 | - |
| Хранение охлажденных продуктов | -2,5 | 85-90 |
| Хранения живой рыбы | -25 | - |
| Универсальные | -2,5 | 85-90 |
| Хранение масла | -18 | 85-90 |
| Сортировка | 0-12 | 85-90 |
| Производство фасованного мяса и мясных полуфабрикатов | 12 | 70-75 |

Методика исследования. Применим методику, предложенную К.Ф. Фокиным, и выполним расчет нестационарного влажностного режима ограждающих сталебетонных конструкций промышленных холодильников плотностью $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta = 0,521 \text{ м}$ (1-7). Физические показатели пенобетона: коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,22 \text{ Вт/(м К)}$; коэффициент паропроницаемости $\mu = 0,17 \text{ мг/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па}$. Для расчета влажностного режима делим сталебетонную плиту на пять равных слоев толщиной каждый $\Delta X = 0,104 \text{ м}$. Плоскости раздела слоев нумеруем в направлении от внутренней поверхности плиты к наружной.

Дифференциальное уравнение для диффузии водяного пара имеет следующий вид

Исходные данные для расчета влажностного режима ограждающих сталебетонных конструкций промышленных холодильников при нестационарных условиях.

| Данные для расчета ограждающих конструкций | Технологическая температура в морозильных камерах: $t_w = -30^\circ\text{C}$; Относительная влажность в камерах 90 %. | Технологическая температура в камерах хранения мороженных грузов $t_w = -18^\circ\text{C}$; Относительная влажность в камерах 90 %. | Технологическая температура охлажденных грузов $t_w = 0^\circ\text{C}$; Относительная влажность в камерах 90 %. |
|--|--|--|--|
| Температура наружного воздуха: зимняя $t_w = -22^\circ\text{C}$. Относительная влажность 60 %. | Сталебетон плотностью $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$, толщиной $\delta = 0,52 \text{ м}$; | | |
| Температура наружного воздуха: летняя $t_w = +31^\circ\text{C}$. Относительная влажность 60 %. | коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,22 \text{ Вт/(м·К)}$; | | |
| Температура наружного воздуха: среднегодовая температура $t_w = +6,7^\circ\text{C}$. Относительная влажность 60 %. | коэффициент паропроницаемости $\mu = 0,17 \text{ мг/м·ч·Па}$ | | |

Результаты исследований. При выполнении расчета исследовалось влияние изменения влажности ограждающей конструкции от времени и условий эксплуатации. При расчете рассматривалась температура наружного воздуха: зимняя $t_w = -22^\circ\text{C}$, летняя $t_w = +31^\circ\text{C}$ и среднегодовая температура $t_w = +6,7^\circ\text{C}$. Относительная влажность наружного воздуха 60 %. Температура в камерах промышленных холодильников: температура в морозильных камерах $t_w = -30^\circ\text{C}$; в камерах хранения мороженных грузов $t_w = -18^\circ\text{C}$; температура охлажденных грузов $t_w = 0^\circ\text{C}$. Относительная влажность в камерах 90 %. Проведенные расчеты показали, что при начальной влажности пенобетона 3,85% через 19 суток эксплуатации сталебетонной ограждающей конструкции при температуре наружного воздуха $t_w = -22^\circ\text{C}$ и температуре в морозильных камерах промышленных холодильников $t_w = -30^\circ\text{C}$ наступает стационарный режим, а через сорок 44 суток средняя влажность сталебетонной ограждающей конструкции достигла 4,28% (табл. 3).

(1)

$$\frac{de}{dz} = \frac{\mu}{\xi \gamma} \frac{\partial^2 e}{\partial x^2},$$

где e - упругость водяного пара;
 μ - коэффициент пароемкости материала;
 ξ - удельная пароемкость материала.

Для определенного значения относительной упругости водяного пара величина относительной пароемкости материала будет:

(2)

$$\xi_0 = \frac{d\omega}{d\varphi} 1000; \xi = \frac{\xi_0}{E}$$

где; E - максимальная упругость водяного пара, соответствующая температуре t .

(3)

$$\frac{\partial e}{\partial z} = \frac{\mu}{\xi_0 \gamma} E_1 \frac{\partial^2 e}{\partial x^2};$$

(4)

$$\frac{\Delta e}{\Delta z} = \frac{\mu}{\xi_0 \gamma} E_1 \frac{\Delta^2 e}{\Delta x^2}.$$

Общая формула для определения упругости водяного пара в любой плоскости через интервал времени ΔZ по упругостям в этой же плоскости и в двух соседних плоскостях в предыдущий момент. Расчет изменения упругости водяного пара во времени сводится к последовательному вычислению упругостей во всех плоскостях стенки через равные интервалы времени ΔZ .

(5)

$$e_{n,z+1} = e_{n,z} + \frac{\mu}{\xi_0 \gamma} E_n \frac{\Delta Z}{\Delta x^2} (e_{n+1,z} - 2e_{n,z} + e_{n-1,z});$$

(6)

$$\Delta e_0 = \frac{2\Delta Z}{\Delta x^2} E_0 \left(\frac{e_0 - e_{0,z}}{R_{0,n}} - \frac{e_{0,z} - e_{1,z}}{R\Delta n} \right),$$

где Δe_0 - изменение упругости водяного пара на поверхности, граничащей с воздухом, за время ΔZ в мм. рт. ст.;

E_0 - максимальная упругость водяного пара на этой поверхности в мм. рт. ст.;

(7)

$$e_{0,z+1} = \frac{R_{\Delta n} e_0 + R_{0,n} e_{1,z}}{R_{0,n} + R_{\Delta n}}$$

Таблица 3

Изменение средней влажности сталебетонной ограждающей конструкции в зависимости от времени.

| Температура наружного воздуха | Температура в камерах промышленных холодильников | Начальная влажность пенобетона, % | Средняя влажность через 44 суток, % | Изменение влажности, ΔW % |
|--|--|-----------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Зимняя $t_n = -22^\circ\text{C}$. | морозильные камеры $t_p = -30^\circ\text{C}$ | 3,85 | 4,28 | 0,48 |
| Летняя $t_n = +31^\circ\text{C}$. | морозильные камеры $t_p = -30^\circ\text{C}$ | 3,85 | 4,94 | 1,09 |
| Среднегодовая температура $t_n = +6,7^\circ\text{C}$. | морозильные камеры $t_p = -30^\circ\text{C}$ | 3,85 | 4,9 | 1,05 |
| Зимняя $t_n = -22^\circ\text{C}$. | камеры хранения мороженых грузов $t_p = -18^\circ\text{C}$ | 3,85 | 4,07 | 0,22 |
| Летняя $t_n = +31^\circ\text{C}$. | камеры хранения мороженых грузов $t_p = -18^\circ\text{C}$ | 3,85 | 5,51 | 1,66 |
| Среднегодовая температура $t_n = +6,7^\circ\text{C}$. | камеры хранения мороженых грузов $t_p = -18^\circ\text{C}$ | 3,85 | 4,57 | 0,72 |
| Зимняя $t_n = -22^\circ\text{C}$. | охлажденных грузов $t_p = 0^\circ\text{C}$ | 3,85 | 4,22 | 0,37 |
| Летняя $t_n = +31^\circ\text{C}$. | охлажденных грузов $t_p = 0^\circ\text{C}$ | 3,85 | 4,94 | 1,09 |
| Среднегодовая температура $t_n = +6,7^\circ\text{C}$. | охлажденных грузов $t_p = 0^\circ\text{C}$ | 3,85 | 4,2 | 0,35 |

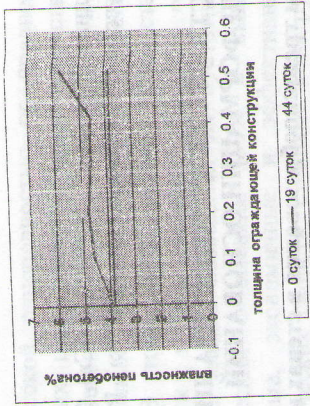


Рис. 1. График изменения влажности сталебетонной ограждающей конструкции в течение 19 и 44 суток при эксплуатационных характеристиках: $t_n = +31^\circ\text{C}$; $t_p = 0^\circ\text{C}$.

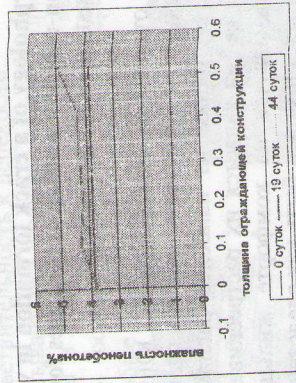


Рис. 2. График изменения влажности сталебетонной ограждающей конструкции в течение 19 и 44 суток при эксплуатационных характеристиках: $t_n = 22^\circ\text{C}$; $t_p = -30^\circ\text{C}$.

Выводы. Выполненные расчеты нестационарного влажностного режима ограждающих сталебетонных конструкций промышленных холодильных холодильников показали, что при изученных режимах эксплуатации ограждений камер промышленных холодильников изменение влажности пенобетона не превышает допустимых пределов - 6%. В дальнейшем следует изучить изменение влажности в ограждающих сталебетонных конструкциях промышленных холодильников в функции от сезонных колебаний температур и влажности и эксплуатационных условий.

1. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. - М.: Стройиздат, 1973. - 287 с.
 2. Фомин С.Л. Работа железобетонных конструкций при воздействии климатической, технологической и пожарной среды: Дис. д-ра техн. наук: 05.23.01 ; 05.26.03 / Харьковский гос. технический ун-т строительства и архитектуры. - Х., 1997. - 554 л. - 3. Пирог П.И. Теплоизоляция холодильников. - М.: Госторгиздат, 1961. - 203 с.

| | | |
|---|--|-----|
| Барашков А.Я. Валовой М.О. | Розрахунок підсилення таврових залізобетонних балок за різними методами..... | 445 |
| Борисюк О.П. Конончук О.П. | Аналіз стану питання підсилення розтягнутої зони та розрахунок за нормальними перерізами згинальних залізобетонних елементів..... | 452 |
| Борисюк О.П. Мельник С.В. | Підсилення згинальних залізобетонних конструкцій сучасними матеріалами..... | 459 |
| Валовой О.І. Романенко К.М. | Аналіз ефективності методу відновлення рамних залізобетонних каркасів споруд, які зазнали сейсмічного навантаження..... | 466 |
| Валовой О.І. Герб П.І. | Міцність залізобетонних балок, підсилених у розтягнутій зоні із бетону на відходах збагачення залізних руд при малоплоских навантаженнях високих рівнів..... | 473 |
| Клименко Е.В. Острая Е.А. | К вопросу о расчете прочности поврежденных изгибаемых железобетонных элементов..... | 481 |
| Мельник І.В. Добрянський Р.З. Канафольський Р.І. Кузик О.О. Філіпшин М.В. | Виробування залізобетонних балок з пазовою арматурою класу а-і, підсилені композитними матеріалами gurec11 x mesh gold..... | 487 |
| Попруга Д.В. Валовой О.І. | Трищостійкість підсилення у стиснутій зоні залізобетонних згинальних елементів..... | 493 |
| Потієнко Л.В. | Експериментальні дослідження прогинів невідсиленних і підсиленних залізобетонних балок..... | 500 |
| Чеканович М.Г. Чеканович О.М. | Дослідження роботи конструкції підсилення залізобетонних балок, виконаної у вигляді взаємопов'язаних затяжки та розтяжки..... | 506 |
| Чихладзе Э. Д. Лобяк А. В. Ватуля Г. Л. Максеев Д. Н. | Усиление оснований тоннеля метрополитена инъекционными корневыми сваями..... | 513 |

| | | |
|--|---|-----|
| Белов І. Д. Юрченко В. В. | Розробка та впровадження ефективних конструкцій будівель із тонкостінних холодногнутих профілів: сучасний стан проблеми та програма досліджень..... | 364 |
| Гапонова Л.В. | Изучение влажностного режима сталебетонных строительных конструкций промышленных холодильников..... | 370 |
| Деркач В.Н. Семенюк С.Д. | Трещиностойкость стен каменных зданий при неравномерной деформации оснований..... | 376 |
| Кваша В.Г. Салійчук Л.В. | Залізобетонні мости для місцевих позакатегорійних доріг і сільських населених пунктів..... | 382 |
| Махінсько А.В. | Квазістагічний підхід до оцінки реакцій опор зв'язку при динамічних впливах вітру..... | 390 |
| Опанасенко Е.В. | Эффективность применения каркасов промышленных зданий из сталебетонных элементов..... | 402 |
| Ревінкель Й.-П. | Конструктивні рішення покриття трибун стадіону в місті магдебург (ФРН)..... | 408 |
| Семенюк С.Д. Шутов Р.З. | Большеразмерная шестиугольная железобетонная плита дорожного покрытия под карьерные самосвалы грузоподъемностью до 500 тонн..... | 414 |
| Хазін В.Й. Педина М.О. | Формування нових типів малооб'ємних виробничих будівель для сільських підприємств на принципах кооперування і блокування..... | 426 |
| Хазін В.Й. Педченко О.В. | Особенности архитектурного формирования производных комплексов кооперативных товариществких будвель та культивационных споруд..... | 432 |
| ВІДНОВЛЕННЯ І ПІДСИЛЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ТА СПОРУД | | |
| Афанасьева Л.В. Іванік М.О. | Ефективність підсилення будівельних конструкцій композиційними матеріалами..... | 438 |