Эксплуатация ограждающих конструкций зданий с влажным и мокрым режимом на севере Красноярского края

О.П Рысева О.П.[1], А.В Фроловская[2], Т.Т. Шириев [2]

[1] ФГБОУ ВО «Норильский государственный индустриальный институт», г. Норильск, Россия
[2] ФГБОУ ВО «Сибирский Федеральный Университет», г. Красноярк, Россия,

E-mail: official.timur95@gmail.com

Аннотация. В статье представлена актуальность комплексных исследований долговечности и морозостойкости ограждающих каменных конструкций промышленных зданий в экстремальных северных условиях. Параметры внутренних эксплуатационных сред производственных зданий и климатические влияния оказывают прямое воздействие на сроки службы производственных зданий на севере Красноярского края. Рассмотрены основные причины и последствия морозной деструкции ограждающих конструкций зданий с влажным и мокрым режимом эксплуатации. Приведены признаки, характеризующие состояние наружных стен зданий с различным сроком эксплуатации, определяющие отклонения от нормального режима. Оценка категории технического состояния несущих конструкций выполнена на основании результатов обследования. Изложены результаты обработки полученных данных температурно-влажностных режимов зданий, эксплуатационной влажности и температуры ограждающих конструкций, итоги. Представлены выводы исследований по эффективности применения на севере в качестве строительного материала для ограждающих конструкций зданий кирпича, газозолобетона и керамзитобетона.
Ключевые слова: конструкции, влажность, температура, здания, повреждения, исследования, эксплуатация.

Exploitation of the covering constructions of buildings with the moist and wet operating regimes in the north of Krasnoyarsky region

O.P. Ryseva[1], A.V. Frolovskaia[2], T.T. Shiriev[2]

[1]State Higher Educational Establishment « Norilsk State Industrial Institute», Norilsk, Russian Federation
[2] State Higher Educational Establishment «Siberian Federal University», Krasnoyarsk Russian Federation

E-mail: official.timur95@gmail.com

Abstract. In this article represented relevance of the complex researches of durability and frost-resistance of the stone covering constructions of industrial buildings in severe conditions

of north. The parameters of the interior exploitation environments of the industrial buildings and climate have direct influence on lifespan of the industrial buildings in the north of Krasnoyarsky region. The main reasons and consequences of frosty destruction of the covering constructions of buildings with the moist and wet operating regime are considered. Presented the signs, which characterize condition of the exterior walls of the buildings with different lifespan, and which define deflection from normal operating regime. Estimation of category of technical condition of the supporting structures is based on the results of researches. Presented the data processing results of the temperature-moisture operating regimes of buildings, exploitation moisture and temperature of the covering constructions, and the summaries. Presented the research conclusions of effectiveness for using bricks, gas - ash concrete and expanded – clay concrete as the materials for the covering constructions of buildings in the north.
Keywords: constructions, humidity, temperature, buildings, defects, researches, exploitation.

1.Введение

На севере Красноярского края за Полярным кругом к югу расположены территории городского округа Норильска [1,2]. Заполярный район, к которому относится Норильск, характеризуется суровыми природно-климатическими условиями. Низкие температуры воздуха, снегозаносы, сильные, порой ураганные ветры, полярные ночи, ультрафиолетовая недостаточность, большая жёсткость погоды, вечная мерзлота, создают экстремальные условия не только для жизнедеятельности человека, но и для строительства и эксплуатации строительных объектов [3, 4].

Высокая влажность внутри производственных помещений в условиях Крайнего Севера пагубно влияет на состояние ограждающих, разрушая их. Здания основных промышленных предприятий в Норильском районе, имеющие влажные технологические циклы производства [5], к настоящему времени эксплуатируются уже в течение 40–65 лет. Наружные стены этих зданий выполнены из красного кирпича стандартных размеров в виде кирпичной кладки в 2–2,5 кирпича или крупных кирпичных блоков, заполненных слабым раствором. Кирпичная кладка стен – повышенной сложности с большим количеством выступов, обрамляющих оконные проёмы, и с тяжёлыми кирпичными карнизами [6]. Толщина стен преимущественно 510 мм. Для оценки общего состояния наружных ограждающих конструкций было проведено выборочное обследование стен нескольких зданий [7], в которых размещены процессы обогащения, фильтрации, сгущения концентрата, завода железобетонных изделий.

2. Техническое состояние ограждающих конструкций зданий с влажным и мокрым режимом эксплуатации

Освидетельствование [8] ограждающих конструкций проводилось на обширном участке общей площадью обследования примерно 10000 м^2. Изучение дефектных ведомостей показало, что по степени повторяемости повреждений на первом месте находится изморозь, наледь и стекающая по стенам вода (рисунок 1). Далее следует разрушение каменной кладки с образованием каверн, места с обвалившейся или отслаивающейся штукатуркой, сквозные вертикальные и горизонтальные трещины [9].

Рисунок 1. Промерзание, наледи и иней на поверхности кирпичной кладки.

Результаты обследования показывают, что наиболее вероятной причиной поверхностного разрушения стен является высокая степень водонасыщения кирпича в кладке. В результате водонасыщения материала кладки теплотехнические свойства ограждающих конструкций

сильно ухудшаются. При низкой отрицательной температуре наружного воздуха происходит практически полное замерзание влаги в порах и капиллярах кирпича, что приводит к снижению теплотехнических свойств [10]. В процессе ремонта или реконструкции объектов часто производился демонтаж разрушенных кирпичных стен и возведение новой кладки или установка газозолобетонных панелей. Несмотря на замену части основной кирпичной кладки на новую, значительным разрушениям под действием деструктивных процессов подверглась и новая кирпичная кладка. Замена кирпичных блоков газозолобетонными стеновыми панелями не может считаться надёжной, так как их разрушение произошло в течение 3-4 лет эксплуатации и, наконец, были заменены панелями из керамзитобетона [11]. Колебания температуры наружного воздуха приводят к изменению положения нулевой температурной точки в толще стены. Миграция нулевой изотермы, а, следовательно, и многократное оттаивание кирпича, приводит к постепенному разрушению материала (рисунок 2). Высокая влажность воздуха внутри здания, составляющая 90-100 %, и отсутствие пароизоляции привели к повышенной влажности материала кладки. Сопротивление теплопередаче стены значительно ниже нормативного [12]. Таким образом, результаты обследования показали, что кирпичные ограждающие конструкции зданий находятся в ограниченно работоспособном состоянии или недопустимом, что вызвано морозной деструкцией материала кладки [13].

Рисунок 2. Разрушения кирпичной кладки.

Рисунок 3. Техническое состояние кирпичной стены после удаления торкретбетона.

С середины 80-х годов широкое распространение в Норильском районе получил метод торкретирования для повышения водонепроницаемости кирпичной кладки [14]. При этом на наружной поверхности кладки образовывалась так называемая «шуба», т.е. слой затвердевшего бетона, под которым накапливалась влага, и процесс разрушения кирпичей становился явным только после отслоения торкретбетона (рисунок 3).

3. План исследований эксплуатационных свойств наружных стеновых ограждений

С целью установления закономерностей морозного разрушения стенового материала и разработки рекомендаций по повышению сроков службы исследовался температурно-влажностный режим эксплуатации зданий, изучался характер силовых воздействий на ограждающие конструкции, проводилось детальное обследование зданий, разрабатывались варианты теплофизической защиты ограждающих конструкций, выполнялся перерасчёт

несущих конструкций зданий с учётом нагрузки от дополнительных ограждений. Замеры температуры и влажности воздуха проводились с помощью аспирационного психрометра [15]. Для оценки распределения температуры по толщине стены были просверлены отверстия под термометр диаметром 16 мм. Измерение температуры осуществлялось ртутными термометрами со шкалой от минус 30 ^{0}С до плюс 30 ^{0}С и ценой деления 0,1 ^{0}С [16]. Для повышения надёжности передачи температуры материала стены термометру на последний надевался медный наконечник. С целью устранения влияния внешнего воздуха на показания термометра отверстие в стене не досверливалось до наружной его грани на 5 см. Температура стены измерялась через каждые 10 см по её толщине. Время измерения температуры по толщине стены приурочивалось к времени снятия замеров, используемых для оценки температурно-влажностного режима здания. Оценка влажности и прочности материала стены проводилась на специально отобранных образцах [17]. Места взятия проб совпадают с местами расположения терморазрезов.

4. Закономерности морозного разрушения ограждающих конструкций

Результаты измерений температуры и влажности воздуха внутри здания приведены в таблице 1. Анализ данных табл. 1 показывает, что влажность воздуха внутри помещений колеблется в диапазоне 83-100 %, составляя, в среднем, 91-94 %. При этом влажность является весьма устойчивой характеристикой внутренней среды помещения и не зависит от времени и места её оценки. Так, в летний период влажность воздуха на отм. +1.8 м равна 91 %, в зимний – 94 % соответственно. На отм. +8.0 м эти величины равны, соответственно, 93 и 92 %.

Таблица 1. Динамика изменения температуры воздуха внутри здания

№ п/п	Отметка, м	Период измерения	Влажность *W*, %				Температура *T*, град.			
			Минимальная	Средняя	Максимальная	Коэффициент вариации, %	Минимальная	Средняя	Максимальная	Коэффициент вариации, %
1	1,8	Июнь–сентябрь	84	91	100	11	9	15	25	24
2		Октябрь–июль	85	94	100	10	–2	2	6	21
3	8,0	Июнь–сентябрь	83	93	100	12	13	24	30	25
4		Октябрь–июль	86	92	100	13	9	11	12	18

Для оценки возможной значимости различий между рассматриваемыми величинами использовался Н-критерий Краскела-Уоллиса [18]. Результаты оценки показали, что на 5 % уровне значимости может быть принята гипотеза однородности выборочных совокупностей и влажность воздуха внутри помещения может быть оценена обобщённым средним показателем $W_{ср.}$ = 98 % и коэффициентом вариации V = 12 %.

Иная картина наблюдается при оценке температуры воздуха внутри здания. Данные табл. 1 показывают, что на температуру воздуха внутри помещения существенное влияние оказывает время года и место её измерений. В летний период года температура воздуха внутри помещения на 10-12 ^{0}С выше, чем в зимний период. Температура воздуха на отм. +8.0 м выше, чем на отм. +1.8 м, в среднем, на 9-10 ^{0}С. Среднегодовая температура воздуха на отм. +1.8 м равна, примерно, 6 ^{0}С, на отм. +8.0 м – 15 ^{0}С. Среднегодовая температура наружного воздуха по данным многолетних наблюдений составляет, примерно, –10 ^{0}С. Таким образом, среднегодовой перепад температур воздуха снаружи и внутри помещения на отм. +8 м существенно выше перепада температур на отм. +1.8 м и составляет соответственно –25 ^{0}С и –16 ^{0}С.

Оценка эксплуатационной влажности ограждающих конструкций проводилась путём анализа проб, взятых на различных участках стен на отм. +1.8 м и +8.0 м. Анализ результатов показывает, что эксплуатационная влажность кирпича стен находится в пределах от 10 до 22%, составляя, в среднем, 14-15 % и превосходит нормативную в 7-8 раз. На рисунок 4 приведены типичные графики распределения в зимний период температуры в кирпичной стене толщиной

510 и 380 мм и в керамзитобетонной панели толщиной 400 мм. Обращает на себя внимание тот факт, что графики, иллюстрирующие изменение температуры по толщине стены на отм. +8 м, имеют более крутой подъём, чем графики на отм. +1.8 м.

Если на отм. +1.8 м стена практически в течение всего зимнего периода находится в промёрзшем состоянии и в течение года испытывает незначительное число циклов попеременного замораживания и оттаивания, то на отм. +8.0 м часть толщи стены практически в течение всего зимнего периода подвержена циклическому процессу замораживания – оттаивания. Отмеченное обстоятельство способствует более активной морозной деструкции материала ограждающих конструкций на отм. +8.0 м в сравнении с деструкцией материала на отм. +1.8 м.

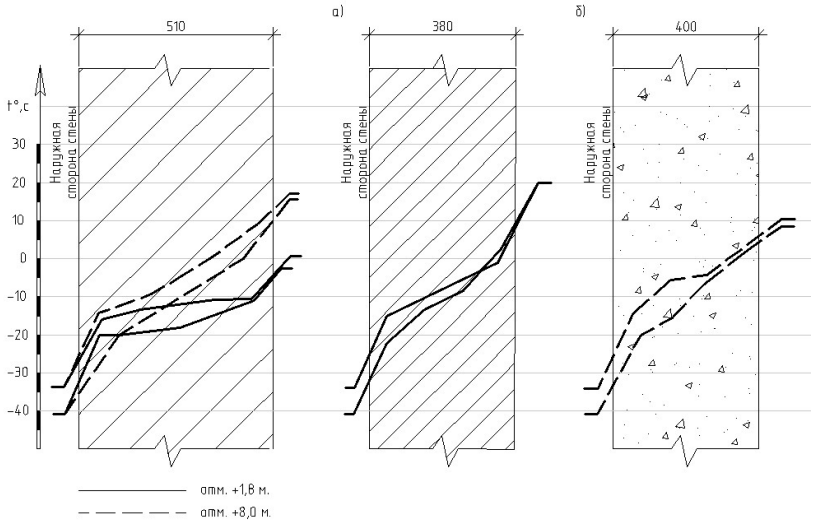

Рисунок 4. График распределения температур в зимний период в кирпичной стене и керамзитобетонной панели.

Планом исследований предусматривалась оценка дефектов стен с различными сроками эксплуатации с целью выявления влияния фактора времени на их развитие [19]. По результатам исследований построены графики зависимости состояния наружной стены Ω, от времени T эксплуатации здания. *Зависимость состояния наружных кирпичных стен от времени носит экспоненциальный характер и описывается уравнением:*

$$\Omega=Ae^{-bT},$$

где A=6; b – эмпирический коэффициент, зависящий от влажности, температуры и свойств материала стены.

Отмеченное обстоятельство хорошо согласуется с высказанной ранее гипотезой о морозном разрушении кирпичной кладки. В начальный период эксплуатации здания общее состояние стены оценивается как исправное и характеризует область устойчивой работы конструкции. В диапазоне времени от 5 до 11 лет незначительному увеличению срока службы T соответствует существенное ухудшение состояния Ω. После 5 лет эксплуатации наступает период активного разрушения стены. Примерно после 11 лет эксплуатации здания возможно внезапное полное разрушение конструкции.

5. Заключение

На основе выполненных исследований установлено, что наружные стены большинства промышленных зданий с влажным и мокрым режимом эксплуатации на севере Красноярского края находятся в ограниченно работоспособном или недопустимом состоянии [20]. Применение в качестве строительного материала для ограждающих конструкций этих зданий кирпича, газозолобетона и керамзитобетона нецелесообразно. Допустимый срок эксплуатации наружных кирпичных стен зданий с мокрым и влажным режимом без капитального ремонта составляет примерно 11 лет.

Список литературы

1. Официальный сайт города Норильска [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.norilsk-city.ru/about/economics/index.shtml.

2. А.И. Батурина и (др.). Энциклопедический географический словарь. Издательство: Рипол Классик, 2011 – 799 с. – ISBN: 9785386030636.

3. Экологическая климатология и климатические ресурсы [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://pandia.ru/text/78/148/15681-16.php.

4. СП 131.13330.2012. Свод правил. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* /Утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 №275. Введ. 2013-01-01. Минрегион России: Москва, 2012 – 184 с.

5. Каталог – справочник по степени агрессивности эксплуатационных сред для структурных подразделений ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». Отчет о научно-исследовательской работе № 082-334 /ГОУ ВПО «Норильский индустриальный институт»: Норильск, 2006 – 69 с.

6. Техническая эксплуатация зданий и сооружений на Севере Красноярского края (Текст): монография. Ч. 1. /Сетков В.Ю., Прищепова Н.А., Рысева О.П., Копылов А.А. и др.; Норильский индустр. ин-т - Норильск, 2005 - 229с.

7. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния/Дейст. 2014-01-01 – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2014г.

8. СП 13-102-2003. Свод правил по проектированию и строительству. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений / Принят и рекомендован к применению постановлением Госстроя России от 21.08.2003г. №153 - Москва.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2004 – 31 с.

9. ГОСТ Р 58033-2017. Здания и сооружения. Словарь.Ч.1. Общие термины – Действ. 2017-12-19.-Официальное издание. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2017 г.

10. СП 50.13330.2012. Свод правил. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 /Утв. приказом Минрегион России 30.06.2012 №265. Введен 2013-07-01 – М.: Минрегион России, 2013 – 100 с.

11. Строительство и эксплуатация зданий и сооружений на Крайнем Севере: Сборник научных статей /Норильский индустр. ин-т - Норильск, 2003 – 300с.

12. ГОСТ Р 57347-2016 Кирпич керамический. Технические условия – Дейст. 2017-07-01. – Официальное издание. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2017.

13. ГОСТ 530-2012 Кирпич и камень керамические. Общие технические условия– Дейст. 2013-07-01. – Официальное издание. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2013 год.

14. И.А. Копылов. Применение торкрет-бетона в современном строительстве /Журнал: ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНОВ №1-2, 2017.

15.ГОСТ Р 8.811-2012 Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Таблицы психрометрические. Построение, содержание, расчетные соотношения (с Поправкой) – Действ. 2014-03-01. - Официальное издание. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2014 год.

16. ГОСТ Р 56623-2015. Контроль неразрушающий. Метод определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций – Дейст. 2016-06-01. – Официальное издание. М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2016 г.

17. ГОСТ 23422-87 Материалы строительные. Нейтронный метод измерения влажности. Дата актуализации 01.01.2019. – Действ.01.01.1988 (с Изм. 12,09,2018). – М..: Государственный строительный комитет СССР, 1988г.

18. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит,2006. – 466с.

19. Воздействие отрицательных температур на основания и конструкции зданий [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://3-net.ru/sign/sign-386026.php.

20. Инженерно-экологические проблемы энергосбережения в строительстве и ЖКХ: сборник научных трудов № 1 / под общ. ред. Н.А. Цветкова. – Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2013. – 120 с.