УДК 628.854.001.572

© Т. А. Дацюк, д-р техн. наук, профессор

© Е. А. Анишуква, аспирант

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: tdatsuk@mail.ru, anshukovaekaterina@gmail.com

DOI 10.23968/1999-5571-2019-16-5-160-165

© T. A. Datciuk, Dr. Sci. Tech., Professor

© E. A. Anshukova, post-graduate student

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: tdatsuk@mail.ru, anshukovaekaterina@gmail.com

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ТЕПЛЫХ ЧЕРДАКОВ НА СОСТОЯНИЕ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

IMPACT OF THE HEAT-HUMIDITY REGIME OF WARM ATTICS ON THE CONDITION OF ENCLOSING STRUCTURES

Эксплуатация многоквартирных зданий с теплым чердаком выявила ряд проблем, связанных как с эффективностью естественной вентиляции, так и с влажностным состоянием наружных стен теплого чердака. В статье приведены результаты натурного обследования тепловлажностного режима теплого чердака и теплофизические характеристики эксплуатируемой наружной стены.

Ключевые слова: ограждающие конструкции, теплый чердак, тепловлажностный режим.

The operation of multi-apartment buildings with a warm attic has revealed a number of problems associated with both the effectiveness of natural ventilation and the humidity conditions of the outer walls of the warm attic. The article presents the results of a field survey of the heat-humidity regime of the warm attic and the thermal and physical characteristics of the operated external wall.

Keywords: enclosing structures, warm attic, heat-humidity regime.

В последние годы построено достаточно много жилых многоэтажных зданий с теплым чердаком, который является элементом системы естественной вентиляции. Наличие теплого чердака в системах естественной вентиляции имеет ряд преимуществ: возможность утилизации тепла вытяжного воздуха и экономии энергоресурсов на отопление здания до 5 %, сокращение количества вентиляционных шахт, что не только упрощает конструкцию кровли, но и повышает ее долговечность. Однако практика эксплуатации многоэтажных зданий с теплым чердаком выявила две основные проблемы:

- нестабильность работы естественной вентиляции, что связано с колебаниями располагаемого давления, особенно в переходные периоды года;
- деструкция наружных стен, которая имеет место вследствие влияния температурно-влажностного режима теплого чердака.

Эти две проблемы взаимосвязаны и обусловлены колебаниями температуры и влажности воздуха в объеме теплых чердаков.

Естественная вентиляция зданий с теплым чердаком, как правило, рассчитывается на температуру наружного воздуха +5 °С и температуру воздуха теплого чердака (+14...+18) °С. В известных рекомендациях¹ значение температуры теплых чердаков принимают не более +14 °С. Теплые чердаки жилых многоэтажных зданий рассматриваются как элемент системы естественной вентиляции и представляют собой камеру статического давления, основная функция которой — выравнивание и распределение скорости удаляемого из вентиляционных шахт воздуха [1]. Известны также рекомендации, в которых теплый чердак секции здания выделен как отдельный объем, воздух из которого удаляется в атмосферу через одну общую шахту. Согласно предложенной методике аэродинамического расчета располагаемое давление определяется как сумма давления для жилой части здания и чердака [2].

В условиях эксплуатации тепловлажностный режим теплого чердака нестационарный, коле-

¹ МГСН 2.01-99. Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. Утв. Постановлением Правительства Москвы от 23 февраля 1999 г. № 138.

бания температуры и влажности воздуха оказывают неблагоприятное воздействие на ограждающие конструкции, вызывая деструкцию наружных стен. Проблема деструкции наружных стен характерна для теплых чердаков многоэтажных жилых домов, которые выполнены из разных строительных материалов. На рис. 1 видно, что деструкция наружных стен теплых чердаков имеет место как для кирпичных зданий (эффективный и лицевой кирпич, толщина стен 0,72 м), так и для многослойных конструкций с утеплителем.

Отмеченные выше проблемы теплых чердаков в жилых многоэтажных зданиях обусловлены также влиянием аэродинамического режима застройки. При естественной вентиляции внутренняя среда здания и окружающая его атмосфера взаимосвязаны и представляют собой единую динамическую систему [3].

Наружные стены теплых чердаков проектируются так же, как и для жилой части здания,

что не соответствует условиям их эксплуатации. Повышенная влажность воздуха, колебания температуры, переменная кратность воздухообмена, отсутствие пароизоляции приводят к их преждевременному разрушению.

Опыт эксплуатации ограждающих конструкций зданий различного назначения показывает, что их влажностный режим связан с физико-механическими характеристиками. В холодный период года происходит увлажнение наружных ограждающих конструкций, что нередко приводит к образованию в них капиллярной влаги. При понижении температуры наружного воздуха ниже 0°C в наружных слоях конструкций происходят фазовые переходы влаги, что приводит к их разрушению [4]. В случае нерационального расположения конструктивных слоев наружных стен для влажных условий эксплуатации в наружном ограждении происходит накопление влаги.

Для разработки рекомендаций по предотвращению деструкции наружных стен теплых чер-

Рис. 1. Деструкция наружных стен теплых чердаков многоэтажных жилых зданий: а — наружные стены теплового чердака многослойные: газобетонные блоки и лицевой кирпич; б — наружные стены теплового чердака однослойные (кирпичная кладка)

даков проводилось обследование температурно-влажностного режима секции теплого чердака 25-этажного жилого здания в период с 5 октября по 2 ноября 2018 г. Физико-технические характеристики кирпича наружной стены (влажностное содержание лицевого кирпича, твердость) определялись в аккредитованном ИЦ СПбГАСУ (аттестат аккредитации № RA.RU.21CT39 от 23.06.2015).

Несмотря на то что при расчете тепловлажностного режима наружных стен теплого чердака жилых зданий обеспечиваются все требования СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», их состояние после 3–5 лет эксплуатации значительно хуже, чем стен жилой части. На рис. 2 и 3 показаны дефекты наружных стен теплого чердака обследуемого здания.

Конструкция стен обследуемого многоэтажного жилого здания и теплофизические характеристики строительных материалов приведены на рис. 4. Наружные стены многослойные, поэтажно опираются на перекрытия. В узлах сопряжения лицевого слоя с железобетонной колонной предусмотрен утеплитель (минеральная вата) толщиной 100 мм. Кирпичная кладка крепится к газобетонным блокам с помощью анкеров диаметром 6 мм. Между газобетонными блоками и кирпичной кладкой — воздушная прослойка 0,01–0,02 м.

Стены вытяжных шахт, выходящих на крышу, трехслойные: лицевой кирпич 120 мм, утеплитель ROCKWOOL «Лайт Баттс» 150 мм, кирпич 250 мм.

Рис. 2. Деструкция наружной стены теплого чердака

Покрытие — железобетонная монолитная плита толщиной 180 мм, тепло- и пароизоляция, защищенная армированной цементно-песчаной стяжкой, толщиной 60 мм, а также бетонной плиткой толщиной 40 мм.

Теплотехнический расчет наружной стены, выполненный согласно СП 50.13330.2012, показал:

- расчетное значение приведенного сопротивления теплопередаче наружных стен с учетом коэффициента теплотехнической однородности $r = 0,7$ составляет $R_0^{np} = 2,14 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}$;

- сопротивление паропрооницанию

$$R_{п} = 2,49 \text{ (м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}/\text{мг}.$$

Кривые распределения фактического и максимального парциального давления водяных паров, приведенные на рис. 5, пересекаются, следовательно, плоскость конденсации при расчете на зимний период располагается по наружному слою газобетона.

Результаты обследования

При обследовании чердачного пространства жилого здания измеряли температуру и влажность воздуха в объеме теплого чердака, скорость выхода воздуха из вентиляционных каналов жилой части в объем чердака и скорость

Рис. 3. Деструкция стен вентиляционной шахты

Рис. 4. Конструкция наружной стены: 1 — кладка из керамического пустотного кирпича ГОСТ 530 (плотность $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$, толщина $\delta_1 = 0,12 \text{ м}$, $\lambda_{\text{б1}} = 0,64 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $\mu_1 = 0,14 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$); 2 — воздушная прослойка (толщина $\delta_2 = 0,02 \text{ м}$); 3 — газобетон (плотность $\rho = 400 \text{ кг/м}^3$, толщина $\delta_3 = 0,375 \text{ м}$, $\lambda_{\text{б3}} = 0,15 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $\mu_3 = 0,23 \text{ мг/(м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па)}$)

воздуха на выходе из вентиляционной шахты, расположенной на кровле здания.

На рис. 6 приведено изменение температуры воздуха в объеме теплого чердака до включения систем отопления.

В период измерений температура воздуха внутри чердака варьировалась от $+5$ до $+19$ °С, влажность изменялась от 85 до 40 %.

Температура наружного воздуха в рассматриваемый период менялась от 0 до $+18$ °С. Относительная влажность наружного воздуха — 81–90 %. Скорость выхода воздуха в атмосферу из вентиляционных шахт не превышала 0,2 м/с.

Внутри теплого чердака средняя влажность воздуха за период обследования — 52 %, средняя температура воздуха $+8,9$ °С. Средняя влажность наружного воздуха 85 % при средней температуре наружного воздуха $+8,6$ °С.

Для определения свойств кирпича было отобрано шесть образцов из наружной стены теплого чердака. Испытания проводились в аккредитованной лаборатории СПбГАСУ. Определялись

Рис. 5. Распределение парциального давления водяных паров в конструкции (пунктиром обозначено распределение фактического парциального давления водяного пара; сплошной линией — распределение максимального парциального давления водяного пара E)

влагосодержание, водопоглощение и прочность лицевого кирпича. Водопоглощение кирпича по результатам испытаний составило 12 %, прочность — М150. Морозостойкость не определялась (согласно ГОСТ 530–2012² морозостойкость определяется только для новых кирпичей). По результатам испытаний кирпич соответствует требованиям ГОСТ 530–2012.

Влагосодержание поверхностного слоя кирпича (лещадки) вентиляционной шахты составило 11 % (полное водопоглощение кирпича 12 %), то есть содержание влаги в наружном слое кирпича практически соответствует максимальному водопоглощению, в то время как в соответствии с СП 28.13330.2012 «Защита строительных конструкций от коррозии» предельное значение влажности кирпича — 2 %.

Более интенсивная деструкция наружного слоя стен теплого чердака имела место на фасадах, ориентированных на юг, юго-запад и юго-восток, так как температура стен, подвергаемых прямому воздействию солнечных лучей, большее количество раз проходит через температурный «нуль» по сравнению со стенами, ориентирован-

² ГОСТ 530–2012. Кирпич и камень керамические. Общие технические условия.

Рис. 6. Изменение температуры воздуха в период обследования в помещении чердака

ными на С и СВ. То есть происходит большее количество циклов замораживания-оттаивания.

Заключение

Анализ полученных результатов показал, что деструкция наружных стен теплых чердаков происходит вследствие того, что эксплуатационная влажность материалов наружной стены (газобетон + пустотный кирпич) выше нормируемых значений. Это происходит по следующим причинам:

- резкие колебания температуры и влажности воздуха в помещении чердака в переходные периоды года;
- увлажнение газобетонных блоков вследствие сорбции, так как влажность внутреннего воздуха может достигать 80 %; выпадение конденсата на поверхности газобетонных блоков (при понижении температуры ниже точки росы), а также диффузия водяных паров в холодный период года;
- увлажнение наружного слоя кирпичной кладки атмосферной влагой;
- накопление капиллярной влаги в плоскости конденсации (в зоне контакта «газобетон – кирпич»), которая не полностью удаляется в теплый период года.

В холодный период года температура в плоскости возможной конденсации отрицательная,

что приводит к замерзанию капиллярной влаги и усилению разрушения пустотного кирпича. Слой резких колебаний температуры (толщиной приблизительно 9–10 см) располагается в кирпичной кладке.

Различие теплофизических свойств пустотного кирпича и раствора приводит к возникновению тепловлажностных деформаций, которые вызывают деструкцию пустотного кирпича с влагопоглощением 12 %.

Более интенсивная деструкция наблюдается на стенах, ориентированных на юг, юго-запад и юго-восток, вследствие температурных воздействий (солнечная радиация). Данная особенность проявляется в осенне-весенние периоды, а также в зимнее время при небольших отрицательных температурах.

Для предотвращения деструкции наружных стен теплых чердаков необходимо при данной конструкции стены использовать клинкер для фасада с водопоглощением менее 6 %, морозостойкостью $F > 50$ и твердостью М150, а также предотвратить поступление влаги из объема чердака.

Библиографический список

1. Малявина Е. Г., Бирюков С. В., Дианов С. Н. Воздушный режим жилых зданий. Учет влияния воздуш-

ного режима на работу системы вентиляции жилых зданий // АВОК. 2003. № 6. С. 14–24.

2. Сизенко О. А., Кучеренко М. Н. Исследование влияния температуры воздуха в чердачном помещении на работу систем естественной вентиляции в жилых зданиях с теплыми чердаками // Научный вестник Воронежского гос. архит.-строит. ун-та. Строительство и архитектура. 2009. № 4 (16). С. 40–45.

3. Datsiuk T. Forecasting of ecological situation in course of buildings' design // *Architecture and Engineering*. 2016. Vol. 1, No 2. Pp. 19–22.

4. Дацийук Т. А., Кобышева Н. В., Кузнецов Е. П., Таджибаев А. И. Изменение свойств ограждающих конструкций при воздействиях климатических факторов и систем жизнеобеспечения / под ред. А. И. Таджибаева. СПб.: ПЭИПК, 2013. 84 с.

References

1. Malyavina E. G., Biryukov S. V., Dianov S. N. *Vozdushnyy rezhim zhilykh zdaniy. Uchet vliyaniya vozduhnogo rezhima na rabotu sistemy ventilyatsii zhilykh zdaniy* [Air regime of residential buildings. Accounting for the influence of air regime on the performance of

residential building ventilation systems]. AVOK, 2003, no. 6, pp. 14–24.

2. Sizenko O. A., Kucherenko M. N. *Issledovanie vliyaniya temperatury vozdukha v cherdachnom pomeshchenii na rabotu sistem estestvennoy ventilyatsii v zhilykh zdaniyakh s teplymi cherdakami* [Study of the influence of air temperature in the attic on the operation of natural ventilation systems in residential buildings with warm attics]. *Nauchnyy vestnik Voronezhskogo gos. arkhitekt.-stroit. un-ta. Stroitel'stvo i arkhitektura – Scientific Bulletin of the Voronezh State University of Architecture and Civil Engineering. Construction and Architecture*, 2009, no. 4 (16), pp. 40–45.

3. Datsiuk T. Forecasting of ecological situation in course of buildings' design. *Architecture and Engineering*, 2016, vol. 1, no 2, pp. 19–22.

4. Datsyuk T. A., Kobysheva N. V., Kuznetsov E. P., Tadzhibaev A. I. *Izmenenie svoystv ograzhdayushchikh konstruktsiy pri vozdeystviyakh klimaticheskikh faktorov i sistem zhizneobespecheniya* [Changing of the properties of enclosing structures under the influence of climatic factors and life support systems]. Ed. by Tadzhibaev A. I. St. Petersburg, PEhIPK Publ., 2013, 84 p.