



УДК 628.8:69.056.53

**А. И. АНАНЬЕВ**, д-р техн. наук, проф.-консультант кафедры теплогазоснабжения и вентиляция, **А. Г. РЫМАРОВ**, канд. техн. наук, доц., зав. кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, **Д. Г. ТИТКОВ**, канд. техн. наук, доц. кафедры теплогазоснабжения и вентиляции

### **АСПЕКТЫ ТЕПЛОФИЗИКИ НАРУЖНЫХ СТЕН ЗДАНИЙ НА НАЧАЛЬНОМ ЭТАПЕ ПАНЕЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ**

ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Россия, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26. Тел.: +7 (499) 183-26-92; эл. почта: rymarov@yandex.ru

*Ключевые слова:* теплофизика, наружные стены, панельное домостроение.

---

*Представлено развитие панельного домостроения от этапа его становления до развития энергоэффективных стеновых панелей при высотном домостроении.*

---

Вячеслав Николаевич Богословский, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, академик РААСН, фронтовик, после выздоровления от тяжелого ранения и демобилизации из армии закончил МИСИ им. Куйбышева в г. Москве и вскоре блестяще защитил кандидатскую диссертацию по влажностному режиму зданий. Он проводил теплофизические исследования в Антарктиде во 2-й антарктической экспедиции СССР, а после возвращения из Антарктиды работал доцентом кафедры отопления и вентиляции МИСИ им. В. В. Куйбышева. В 1967–1989 годах Вячеслав Николаевич Богословский заведовал кафедрой и был деканом факультета ТГВ. Он опубликовал большое количество статей, книг и фундаментальный учебник «Строительная теплофизика», который по просьбе строителей трижды переиздавался в нашей стране [1–3]. Большой спрос на его книги заключается в том, что по каждому сложному вопросу он приводил примеры расчетов, что помогало проектировщикам и аспирантам понимать и использовать его методологические идеи при проектировании зданий и при проведении научных работ.

Начало научной деятельности В. Н. Богословского совпало с переходом на панельное домостроение. Несмотря на большие усилия, приложенные к восстановлению разрушенных домов во время Великой Отечественной войны, все же оставался острый кризис в жилье, множество людей проживало в подвалах зданий. В печати появлялась критика методов возведения кирпичных зданий как не прогрессивных, т. к. срок возведения отдельных зданий иногда превышал 5 лет. Такие сроки не позволяли быстро решить в стране острую жилищную проблему, а панельные пятиэтажные дома гарантировали возводить за несколько месяцев. Поэтому предпочтение отдали панельному домостроению, а возведение новых кирпичных домов в этот период разрешалось проводить в виде исключения.

Окна в панельных зданиях применяли повышенного размера, одинаковыми, независимо от площади помещений. Даже на кухнях квартир, площадь которых



составляла  $5,5 \text{ м}^2$ , и в стенах подъездов окна применялись такими же, как и в жилых комнатах площадью  $10\text{--}18 \text{ м}^2$ . Наружные трехслойные панели, утепленные, как правило, цементно-фибробетонными плитами, содержащими крупные поры до  $2 \times 3 \times 1 \text{ см}$ , из-за повышенной воздухопроницаемости имели приведенное сопротивление теплопередаче  $0,5\text{--}0,7 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт}$ , что на  $40\text{--}50 \%$  ниже нормативного [4]. Все это приводило к значительному увеличению энергозатрат на отопление первых панельных зданий. В домах из-за допущенных проектных недоработок по рекомендациям МНИИТЭП выполняли текущие ремонты по устранению протечек, промерзаний, низкой звукоизоляции. Несмотря на это, дома имели неприглядный внешний вид, низкую долговечность, дискомфорт в помещениях. Они были энергорасточительными в эксплуатации, а большое количество возведенных панельных зданий хотя и снизило в какой-то степени кризис жилья, но изменило в худшую сторону архитектурный облик городов. Все понимали, что так дальше продолжаться не может, тем более у панельных домов, построенных до 1970 года, планируемый срок службы составлял 30 лет.

На совещании ученых, ведущих строителей и проектировщиков в институте «Тверьгражданпроект» было принято решение строить здания с внутренним монолитным железобетонным каркасом, а наружные стены возводить из виброкирпичных комбинированных панелей с повышенным уровнем тепловой защиты. Разработанные НИИСФ РААСН, МИСИ им. В. В. Куйбышева и «Тверьгражданпроект» конструкции виброкирпичных комбинированных панелей имели расчетное сопротивление теплопередаче при толщине 40 см существенно выше кирпичных с требуемой толщиной в два с половиной кирпича (64 см). Новизна разработанных конструкций панелей подтверждена авторскими свидетельствами на изобретение [5, 6]. Полученные расчетные значения теплозащитных свойств панелей обсуждались с профессором Богословским В. Н., который рекомендовал провести исследование на фрагментах панелей в климатической камере НИИСФ РААСН на долговечность, теплозащитные и влагозащитные свойства. Первый пятиэтажный 30-квартирный дом с внутренним железобетонным каркасом и наружными стенами из виброкирпичных комбинированных панелей был построен в городе Кимры Тверской области для работников предприятия за 14 месяцев. В те годы строить дома выше 5 этажей и с лифтами запрещалось. Затем аналогичный дом был построен в г. Бежецке. Наружный слой панели выполняли из силикатного двухпустотного кирпича толщиной 120 мм. Через 4 или 6 лажковых рядов укладывали один тычковый ряд кирпичей, местами связывающей наружный кирпичный слой с внутренней продольной растворной диафрагмой. В качестве утеплителя применяли термовкладыши, уложенные двумя слоями толщиной 100 мм каждый.

Слои утеплителя были разделены продольной и поперечными диафрагмами, представляющими тонкостенный каркас из цементно-песчаного раствора. В целях устранения сквозных мостиков холода поперечные растворные ребра, разделяющие плитный утеплитель первого ряда, сдвигали не менее чем на  $1/3$  относительно поперечных ребер второго ряда. Толщина растворных ребер составляла  $0,07\text{--}0,12$  ширины элементов утеплителя. С внутренней стороны панели предусмотрен слой из армированного цементно-песчаного раствора толщиной 30 мм. Общая толщина панели составляла 400 мм. Внизу панели в зоне штрабы, устроенной для примыкания к перекрытию, установлены две



металлические опоры, соединенные с монтажным каркасом, которые при навесном варианте передают нагрузку от наружной панели на монолитное железобетонное перекрытие.

В случае самонесущих наружных панелей металлические опоры выполняют роль страховочных креплений деталей в процессе монтажа. Разработанная конструкция комбинированной виброкирпичной панели и ее стыкового соединения с железобетонной монолитной панелью перекрытия создали благоприятные условия для перераспределения нагрузки от лицевого кирпичного слоя и панели в целом на тонкостенный кессонный каркас. Пространственная решетка в наружной панели образована продольными диафрагмами и перекрестно расположенными поперечными растворными ребрами вокруг кирпичей наружного слоя и внутренних слоев из плитного утеплителя, что создает жесткую прочную конструкцию. Выступающие из наружного слоя тычковые кирпичи дополнительно с поперечной арматурой усиливают крепление наружного слоя с внутренним армированным раствором слоем. Сцепление раствора с кирпичом и плитным утеплителем при наличии местами поперечной арматуры увеличивают несущую способность панели. Созданная пространственная система перекрестных поперечных и продольных растворных диафрагм и ребер позволяет распределить нагрузку от массы панелей на внутреннюю часть панели, а не на наружный кирпичный слой. Этим достигается свободная (независимая от основной части стены) работа наружного кирпичного слоя при температурных и влажностных воздействиях, что способствует увеличению срока службы панели. В разработанной конструкции комбинированной виброкирпичной панели ребра и диафрагмы выполнены из раствора плотностью  $2000 \text{ кг/м}^3$ . Панель изготавливали стендовым способом в следующей последовательности. На вибростол раскладывали кирпичи в специальные формочки, обеспечивающие создание вокруг кирпичей швов для раствора. Залитый в швы раствор уплотняли вибрированием, швы между утеплителем заполняли раствором с одновременным устройством продольной растворной диафрагмы толщиной 30 мм на площади всей панели. После этого укладывали термовкладыши второго ряда с установкой металлической сетки, далее добавляли раствор для закрытия сетки и, не давая затвердеть раствору, выполняли повторное вибрирование с последующим выравниванием гладильным инструментом. В результате получали гладкий наружный плотный слой из цементно-песчаного раствора толщиной 30 мм и плотностью  $2200 \text{ кг/м}^3$ . После тепловой обработки через 5–6 часов панель ставили в вертикальное положение. Прочность панели определяли в ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко, полученные результаты анализа прочности превышали установленные нормативными документами значения.

Исследование теплозащитных свойств и влажностного режима панелей выполнялась в НИИСФ РААСН в климатической камере на объемном фрагменте размером  $2100 \times 2300 \text{ мм}$ . В качестве плитного утеплителя использовали газосиликат плотностью  $400 \text{ кг/м}^3$  и теплопроводностью  $\lambda = 0,15 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ; пенополистиролбетон удельной плотностью  $300 \text{ кг/м}^3$  и теплопроводностью  $\lambda = 0,1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ ; пенополистирол плотностью  $50 \text{ кг/м}^3$  и теплопроводностью  $\lambda = 0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$ . Панели с газосиликатными плитами исследовали при расчетной температуре наружного воздуха  $-32 \text{ °C}$  применительно к климатическим условиям города Кимры, а с утеплителем из пенополистиролбетонных плит и пенополистирола – при температуре  $-34 \text{ °C}$  [7].



Температура воздуха в теплой части климатической камеры поддерживалась равной  $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ , относительная влажность  $55\%$ . Температурное поле объемного фрагмента с утеплителем из газосиликатных плит демонстрирует благоприятный тепловой режим на внутренней поверхности. Наиболее низкая температура, равная  $9,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ , зафиксирована в самой опасной зоне, то есть напротив металлических опор. При этом конденсации паров из воздуха на внутренней поверхности этой зоны не обнаружили. Объясняется это тем, что температура воздуха у пола, так, как и ожидается в условиях эксплуатации, на  $2\text{--}2,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  ниже, чем в центре климатической камеры и составляет  $18\text{--}17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , что снижает температуру точки росы до  $8,5\text{--}8,8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Таким образом, при эксплуатации дома конденсации паров на внутренней поверхности в этой зоне не должно происходить. Исследованиями в климатической камере установлено, что приведенное сопротивление теплопередаче панели утепленной газосиликатными плитами составляет  $1,04\text{ (м}^2\cdot^{\circ}\text{C)/Вт}$ . При использовании в качестве утеплителя полистеролбетонных плит приведенное сопротивление теплопередаче панелей фрагмента повышается до  $1,35\text{ (м}^2\cdot^{\circ}\text{C)/Вт}$ . Утеплитель из пенополистирольных плит обеспечивает более высокий температурный режим на внутренней поверхности объемных фрагментов, что приводит к повышению приведенного сопротивления теплопередаче до  $2,2\text{ (м}^2\cdot^{\circ}\text{C)/Вт}$ . Анализ результатов расчетов температурных полей на ЭВМ панелей и узлов их сопряжения с элементами наружных стен здания показал, что в целом приведенное сопротивление теплопередаче по зданию при использовании в качестве утеплителя газосиликатных плит составляет  $1,08\text{--}1,12\text{ (м}^2\cdot^{\circ}\text{C)/Вт}$ , при утеплении пенополистиролбетонными плитами –  $1,4\text{ (м}^2\cdot^{\circ}\text{C)/Вт}$ , а использование пенополистирольных плит повышает приведенное сопротивление теплопередаче до  $2,4\text{ (м}^2\cdot^{\circ}\text{C)/Вт}$ .

Влажностный режим комбинированной панели также исследовали в климатической камере. Средняя влажность внутреннего слоя термовкладышей из газосиликата составляет  $14,7\%$ , а наружного – несколько ниже  $12,2\%$ . Это очень важно, потому что в условиях эксплуатации зимой влага в наружном слое может переходить из жидкой фазы в твердую (лед), теплопроводность которой в четыре раза выше аналогичного значения для воды. Следовательно, необходимо стремиться к уменьшению влагосодержания наружного слоя утеплителя. Наибольшее значение влажности обоих слоев термовкладышей наблюдается по обе стороны среднего слоя из цементно-песчаного раствора. Наличие в панели продольной диафрагмы из цементно-песчаного раствора явилось преградой на пути движения влаги из внутреннего слоя утеплителя к наружному. Снижение влагосодержания в зоне отрицательных температур способствовало повышению теплозащитных свойств теплоизоляционного слоя, а увеличение же влажности продольной растворной диафрагмы из цементно-песчаного раствора плотностью  $2000\text{ кг/м}^3$  оказало незначительное влияние на изменение ее термических свойств. На перераспределение влаги оказали воздействие и поперечные растворные ребра. В результате отбора проб зафиксировано также и их повышенное влагосодержание, и некоторое снижение влажности газосиликата в зонах его примыкания к раствору. Происходящее при этом снижение на  $1\text{--}3\%$  влажности газосиликатных плит заметно снижает их массу и на  $8\text{--}12\%$  повышает теплозащитные свойства двух теплоизоляционных слоев [8].



Долговечность виброкирпичной комбинированной панели оценивалась односторонним замораживанием и оттаиванием облицовочного кирпичного слоя, предварительно пропитываемого водой. Испытания проводились в климатической камере на фрагменте панели размером  $1,03 \times 1,0 \times 0,4$  м. После выполнения пятидесяти циклов замораживания в течение 8 часов и оттаивания 6 часов прочность на сжатие фрагмента панели практически не изменилась. Не произошло разрушения облицовочных кирпичей и потери массы. На кирпичах отсутствовали признаки расслоения, шелушения. Растворные ребра жесткости остались в прежнем состоянии. Инструментальными исследованиями квартир в натуральных исследованиях дома, построенного в городе Кимры, установлено, что приведенное сопротивление теплопередаче наружных стеновых панелей в комнатах составило  $1,08$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ )/Вт, в кухнях  $1,11$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ )/Вт. Полученное фактическое значение приведенного сопротивления теплопередаче  $1,11$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ )/Вт на  $5,8$  % превышает экспериментальное значение, полученное в климатической камере, равное величине  $1,04$  ( $\text{м}^2 \cdot \text{°C}$ )/Вт. Это расхождение можно объяснить меньшими размерами фрагментов в климатической камере, содержащих больше теплопроводных включений в одном квадратном метре, по сравнению с панелью натурального размера. Тепловизионными измерениями температурных полей на внутренней поверхности мест примыкания панелей к внутренним бетонным конструкциям в период, когда температуры наружного воздуха достигали  $-28$  °С, составляли  $14,5$  °С, а на глади стены в центре панели  $17,5$  °С. Зафиксированные температуры значительно выше точки росы, составляющей  $10,7$  °С при температуре внутреннего воздуха  $20$  °С и относительной влажности  $55$  % [9, 10]. При визуальных обследованиях  $50$  % квартир дома не было обнаружено следов промерзания панелей и стыковых соединений даже при предшествующих сильным ночным морозам. При опросе жильцов выяснилась их полная удовлетворенность комфортными условиями и тепловым режимом, создаваемым эксплуатационной организацией в помещениях.

Работа, результаты которой представлены в настоящей статье, выполненная при активном участии профессора В. Н. Богословского, послужила основой при переходе с панельных пятиэтажных домов на строительство многоэтажных зданий с внутренним каркасом из монолитного железобетона и наружных стен из панелей заводского изготовления [11, 12].

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский. – Москва : Высшая школа, 1970. – 376 с. – Текст : непосредственный.
2. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика / В. Н. Богословский. – Москва : Высшая школа, 1982. – 415 с. – Текст : непосредственный.
3. Богословский, В. Н. Строительная теплофизика : теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха / В. Н. Богословский. – Изд. 3-е. – Санкт-Петербург : АВОК Северо-Запад, 2006. – 399 с. : ил., табл. – (Инженерные системы зданий). – ISBN 5-902146-10-0. – Текст : непосредственный.
4. Фокин, К. Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К. Ф. Фокин. – Москва : АВОК-Пресс, 2006. – 256 с.
5. А.С. № 1062007 СССР, МПК В28В 11/14. Способ изготовления пустотелого строительного камня и устройство для его осуществления : заявл. 1982.08.06 : опубл.



1983.12.23 / Ананьев А. И., Богословский В. Н., Дроздов В. А. – 3 с. – Текст : непосредственный.

6. Ананьев, А. И. Наружные кирпичные стены из эффективной кладки с повышенными теплозащитными качествами / А. И. Ананьев, В. Н. Богословский, Н. В. Коваленко. – Текст : непосредственный // Жилищное строительство. – 1955. – № 3.

7. А.С. № 1663136 СССР, МПК E04B 1/38. Стыковое соединение панели перекрытия со стеновыми панелями : заявл. 1989.02.15 : опубл. 1991.07.15 / Ананьев А. И., Вязовченко П. А., Герасимов В. Т. [и др.]. – 3 с. – Текст : непосредственный.

8. А.С. № 1583565 СССР, МПК E04C 2/30, E04B 2/00. Стеновая панель : заявл. 1988.09.09 : опубл. 1990.08.07 / Ананьев А. И., Вязовченко П. А., Герасимов В. Т. – 4 с. – Текст : непосредственный.

9. А.С. № 1643680 СССР, МПК E04B 2/26. Сборно-монолитная стена : заявл. 1989.05.04 : опубл. 1991.04.23 / Ананьев А. И. – 3 с. – Текст : непосредственный.

10. А.С. № 1643681 СССР, МПК E04B 2/26. Строительный блок для сборно-монолитных стен : заявл. 1989.05.04 : опубл. 1991.04.23 / Ананьев А. И. – 3 с. – Текст : непосредственный.

11. Повышение тепловой защиты серийных многоквартирных жилых домов из трехслойных панелей при проведении капитального ремонта / М. В. Бодров, В. И. Бодров, В. Ю. Кузин, М. С. Морозов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 4. – С. 40-47.

12. Бодров, М. В. К вопросу повышения энергетической эффективности систем обеспечения микроклимата жилых домов при проведении капитального ремонта / М. В. Бодров, В. Ю. Кузин, М. С. Морозов. – Текст : непосредственный // Приволжский научный журнал / Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет. – Нижний Новгород, 2018. – № 2. – С. 36-41.

**ANANEV Aleksey Ivanovich, doctor of technical sciences, professor - consultant of the chair of heat and gas supply and ventilation, RYMAROV Andrey Georgievich, candidate of technical sciences, associate professor, holder of the chair of heat and gas supply and ventilation; TITKOV Dmitriy Gennadevich, candidate of technical sciences, associate professor of the chair of heat and gas supply and ventilation**

### **THERMAL PHYSICS ASPECTS OF THE EXTERIOR WALLS OF BUILDINGS AT THE INITIAL STAGE OF PANEL HOUSING CONSTRUCTION**

Moscow State University of Civil Engineering (National Research University)

26, Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337. Tel.: +7 (499) 183-26-92;

e-mail: rymarov@list.ru

*Key words:* thermophysics, external walls, panel housing construction.

---

*The article presents the development of panel housing construction from the stage of its formation to the development of energy-efficient wall panels in high-rise housing construction.*

---

#### REFERENCES

1. Bogoslovskiy V. N. Stroitel'naya teplofizika [Construction thermophysics]. Moscow, Vysshaya shkola, 1970, 376 p.



2. Bogoslovskiy V. N. Stroitel'naya teplofizika [Construction thermophysics]. Moskva, Vysshaya shkola, 1982, 415 p.
3. Bogoslovskiy V. N. Stroitel'naya teplofizika : teplofizicheskie osnovy otopleniya, vntilyatsii i konditsionirovaniya vozdukha [Construction thermophysics : thermophysical foundations of heating, ventilation and air conditioning]. Izd. 3-e. Saint-Petersburg : AVOK Severo-Zapad, 2006, 399 p. : il., tabl. – (Inzhenernye sistemy zdaniy). – ISBN 5-902146-10-0.
4. Fokin K. F. Stroitel'naya teplotekhnika ograzhdayuschikh chastey zdaniy [Construction heat engineering of enclosing parts of buildings]. Moscow, AVOK-Press, 2006. – 256 p.
5. A.S. № 1062007 SSSR, МПК B28B 11/14. Anan'ev A. I., Bogoslovskiy V. N., Drozdov V. A. Sposob izgotovleniya pustotelogo stroitel'nogo kamnya i ustroystvo dlya ego osuschestvleniya [A method of manufacturing a hollow building stone and a device for its implementation] : zayavl. 1982.08.06 : opubl. 1983.12.23, 3 p.
6. Anan'ev A. I., Bogoslovskiy V. N., Kovalenko N. V. Naruzhnye kirpichnye steny iz effektivnoy kladki s povyshennymi teplozaschitnymi kachestvami [Exterior brick walls made of effective masonry with increased thermal protection qualities]. Zhilishchnoe stroitel'stvo [Housing construction]. 1955. № 3.
7. A.S. № 1663136 SSSR, МПК E04C 2/30, E04B 2/00. Anan'ev A. I., Vyazovchenko P. A., Gerasimov V. T., et al. Stykovoie soedinenie paneli perekrytiya so stenovymi panelyami [Butt joint of the floor panel with wall panels] : zayavl. 1989.02.15 : opubl. 1991.07.15, 3 p.
8. A.S. № 1583565 SSSR, МПК E04C 2/30, E04B 2/00. Anan'ev A. I., Vyazovchenko P. A., Gerasimov V. T. Stenovaya panel [Wall panel] : zayavl. : 1988.09.09 : opubl. 1990.08.07. – 4 p.
9. A.S. № 1643680 SSSR, МПК E04B 2/26. Anan'ev A. I. Sborno-monolitnaya stena [Prefabricated monolithic wall]: zayavl. 1989.05.04 : opubl. 1991.04.23.
10. A.S. № 1643681 SSSR, МПК E04B 2/26. Anan'ev A. I. Stroitelny blok dlya sborno-monolitnykh sten [Building block for prefabricated monolithic walls] : zayavl. 1989.05.04 : opubl. 1991.04.23. – 3 p.
11. Bodrov M. V., Bodrov V. I., Kuzin V. Yu., Morozov M. S. Povyshenie teplovoy zaschity seriynykh mnogokvartirnykh zhilykh domov iz tryokhsloynykh paneley pri provedenii kapital'nogo remonta [Improving thermal protection of serial apartment houses of three-layer panels at capital repair]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod, 2018. № 4. P. 40-47.
12. Bodrov M. V., Kuzin V. Yu., Morozov M. S. K voprosu povysheniya energeticheskoy effektivnosti sistem obespecheniya mikroklimate zhilykh domov pri provedenii kapital'nogo remonta [To the issue of energy effectiveness enhancement of microclimate support systems of residential houses while conducting capital repair]. Privolzhskiy nauchny zhurnal [Privolzhsky Scientific Journal]. Nizhegorod. gos. arkhitektur.-stroit. un-t. – Nizhny Novgorod. 2018. № 2. P. 36-41.

© А. И. Ананьев, А. Г. Рымаров, Д. Г. Титков 2023

Получено: 03.07.2023 г.