

Б. А. Афанасьєв¹
І. М. Бабій¹
О. О. Борисов¹
Л. В. Кучеренко²
М. В. Хлищов¹

МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ УТЕПЛЕННЯ ПРОЕКТУ БУДИНКУ З СКЛАДНИМИ ФОРМАМИ ФАСАДІВ

¹ Одеська державна академія будівництва і архітектури

² Вінницький національний технічний університет

У статті наведено шляхи вибору ефективних конструктивно-технологічних рішень систем скріпленої теплоізоляції складних форм фасадів на основі моделювання теплових полів та потоків з допомогою використання програмного комплексу SolidWorks Simulation Xpress. Визначення оптимальних параметрів теплоізоляції на стадії проектування дозволить позбутися негативних впливів містків холоду в вузлах з'єднання балконів та зменшити вартість влаштування систем скріпленої теплоізоляції фасадів з складними формами.

Було встановлено, що найбільш ефективно здійснювати утеплення не всього контуру балконної плити, як того вимагає нормативна документація, а достатньо розмір утеплення від стіни ззовні, що дорівнює 750 мм при товщині утеплювача зверху плити 30 мм, та знизу плити – 50 мм. Економічно доцільно таку технологію утеплення використовувати для сучасних багатопверхових будинків з не стандартними об'ємно-архітектурними рішеннями, які збудовані за каркасно-камінними, каркасно-монолітними або монолітними схемами без терморозривів між балконною плитою та монолітною плитою перекриття з відкритими типами балконів та еркерів або не закритих лоджій.

Ключові слова: Системи скріпленої теплоізоляції, моделювання, оптимізація, утеплення, висотні будинки.

Вступ

Проблема енергозбереження зумовлена значним обсягом споживання паливно-енергетичних ресурсів і постійним підвищенням тарифів. Підвищення рівня теплового захисту огорожувальних конструкцій будівель дозволяє значно знизити витрати на опалення. Як показує аналіз, через огорожувальні конструкції будівлі в навколишнє середовище втрачається значна кількість теплової енергії. Залежно від конструкції і висоти будинків ці втрати становлять 20-60% загальної витрати енергії на опалення та вентиляцію [1-3].

Відомо [4], що при масовому будівництві каркасно-монолітних будівель не завжди належна увага приділяється теплоізоляції частин перекриттів, що виступають, наприклад, балконів, еркерів, рис.1. На цьому рисунку чітко видно, що утеплення балконів та еркерів зовсім не виконувалося, що приводить до значних втрат тепла. Саме вони і є тими «містками» холоду, які зменшують тепловий комфорт у приміщеннях та змушує їх користувачів витрачати більше коштів на опалення. При цьому слід зазначити, що містки холоду, у свою чергу можуть призвести до появи в кутах приміщень грибків, цвілі, та порушення мікроклімату приміщень в цілому.

Тому виступаючі частини будівель необхідно утеплювати відомими способами. Кращим, для вирішення цієї задачі та відповідатиме вимогам нормативних документів, буде утеплення за допомогою щільної (140-160 кг/м³) мінеральної вати або ж, у крайньому випадку, пінополістиролу (ПСБ-С) з щільністю більш ніж 25 кг/м³ [5]. Однак, враховуючи те, що теплоізоляція таких місць досить трудомістка і дороговартісна, тому багато забудовників незважаючи на вимоги нормативних документів її зовсім не влаштовують.

При проектуванні і експлуатації житлових будинків з метою зниження витрат на опалення, вентиляцію, кондиціонування повітря, слід домагатися оптимальних інженерних рішень. Можливість оптимізації огорожувальних конструкцій з точки зору зменшення витрат на опалення полягає в тому, що огорожі повинні мати максимальний теплозахист при мінімальних витратах [6]. У першу чергу це можливо за рахунок використання менш вартісних матеріалів теплоізоляції, у другу – раціонально підібрана їх товщина, а у третю – вибір економічно ефективних конструктивно-технологічних рішень теплоізоляції вузлів складних форм фасадів.

Таким чином, вирішення задачі вибору оптимальних конструктивно-технологічних рішень при заданих граничних умовах влаштування систем скріпленої теплоізоляції фасадів є актуальним.

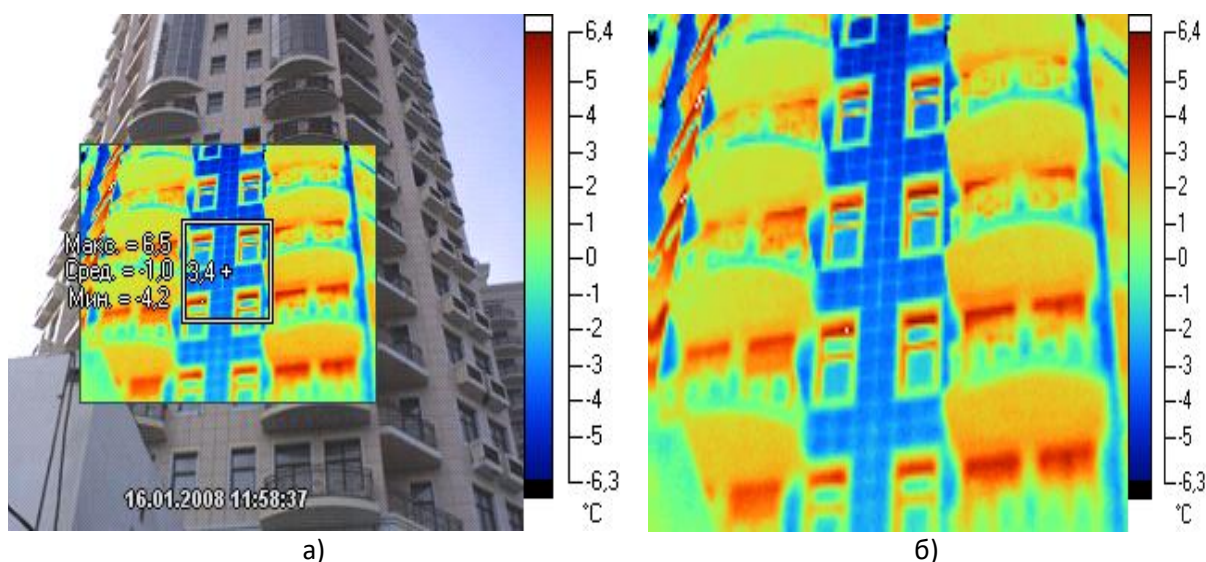


Рисунок 1 – Будинок з утепленням (а) термограма будинку з еркерами без утеплення (б).
Температура навколишнього повітря -1 °С

Метою роботи є вибір економічно обґрунтованих ефективних конструктивно-технологічних рішень систем скріпленої теплоізоляції вузлів складних форм фасадів з умовою забезпечення необхідного сталого теплоізоляційного контуру з допомогою моделювання температурних полів.

В якості робочої гіпотези прийнято – якщо змодельовати температурні поля вузлів складних форм фасадів і за рахунок цього визначити можливі зони втрати тепла і місця створення містків холоду, то буде можливість зменшити вартість та трудомісткість виконання будівельно-монтажних робіт з теплоізоляції фасадів.

Моделювання температурних полів виконувалося на прикладі 11-ти поверхового житлового будинку з складною формою фасадів з утепленням мінеральною ватою товщиною 50 мм новозбудованого за каркасно-камінною системою.

Теплова оптимізація огорожувальних конструкцій складних форм, вимагає окремого детального аналізу вузлів, для запобігання «містків холоду», промерзання місць примикання деталей і розташування фронту точок роси, прихованих місць, реальне визначення яких зовнішніми вимірювальними засобами складне і трудомістке, а іноді і не можливе. Особливо це стосується натурних досліджень тепловізором, які необхідно виконувати при низьких температурах зовнішнього середовища (можливо 1-2 °С) і додатній температурі (не менш ніж +16-18 °С) всередині будинку [7].

Результати досліджень

Для моделювання теплопередачі в складних вузлах були побудовані 3D моделі аналізованих вузлів. Процес побудови і розрахунків проводився в програмі SolidWorks Simulation Xpress [8].

Постановка завдання оптимізації.

Процес моделювання конструкції будівлі проходить за такими етапами:

- побудова 3D моделей окремих елементів конструкції будівлі, створення вузла з різних деталей, які необхідні для розрахунків;
- вибір параметрів матеріалів для 3D моделей;
- вибір теплових навантажень, що діють на 3D модель.

Так звані «кріплення» використовуються для «фіксації» граней моделі, які не повинні переміщатися в ході аналізу. Щоб запобігти збою аналізу через рух закріпленого тіла, необхідно обмежити, принаймні, одну грань деталі. Для «Кріплення» деталі були обрані дві площини: внутрішня і зовнішня поверхня деталі.

В якості основної задачі був аналіз містків холоду в монолітних конструкціях балконів і плит перекриття і пошук рішення по їх видаленню, рис. 2.

Параметри для розрахунку:

1.	Температура зовнішнього повітря	-18 °С	-16 °С,	-12 °С;
2.	Температура внутрішніх приміщень	+18 °С	+20 °С	+22 °С

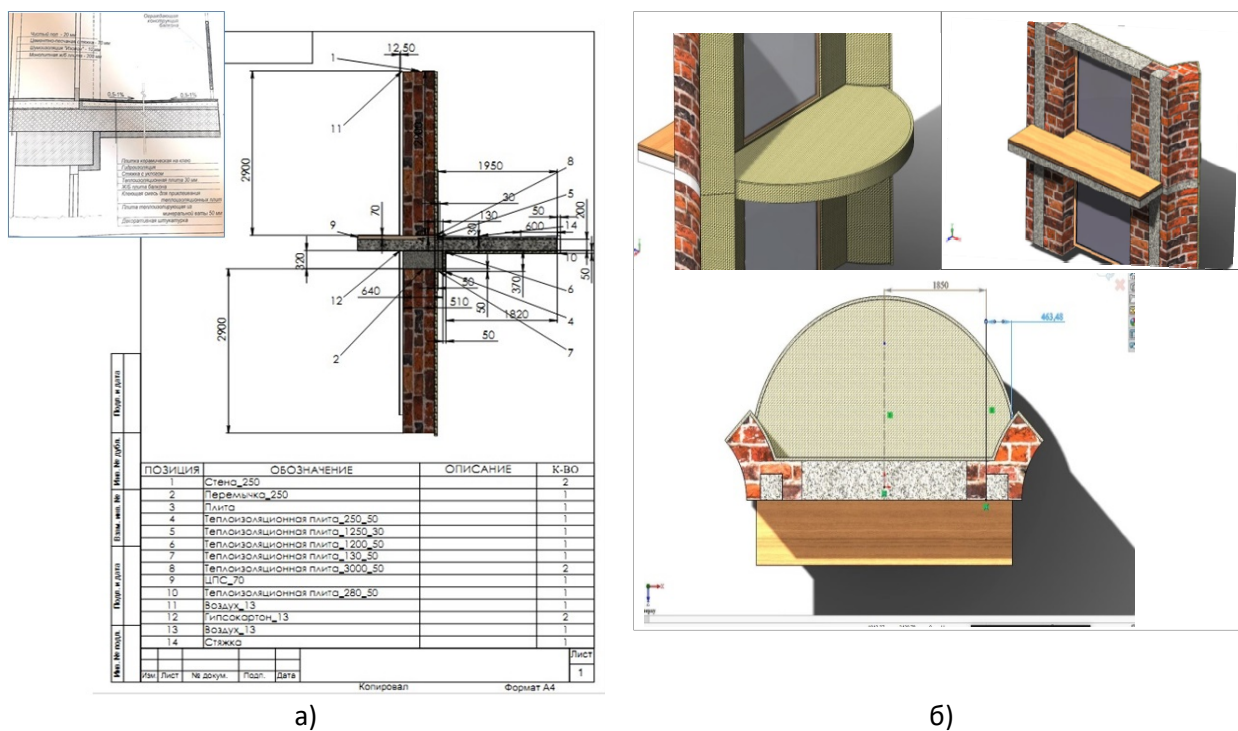


Рисунок 2 – Розрахунковий основний вузол для аналізу температурних полів і теплових потоків (а) та розрахункові моделі (б)

При моделюванні температурних полів і теплових потоків, що розповсюджуються всередині конструкцій балконних плит прийняті наступні граничні умови, а саме:

утеплення ззовні стіни та всієї балконної плити по контуру утеплювачем товщиною 50 мм, як зображено на рис.2.а;

- стіна та балконна плита без утеплення;
- балконна плита без утеплення, стіна з утепленням;
- стіни та балконна плита з утепленням, торець балконної плити без утеплення;
- варіювалася товщина утеплювача на балконній плиті зверху та знизу.

В якості вихідних даних в моделюванні були використані наступні параметри:

- інформація про модель – в аналізі приймають участь всі матеріали, які складають досліджуваний вузол з урахуванням їх розміщення;
- фізико-механічні властивості матеріалів, які складають досліджуваний вузол з урахуванням їх розміщення, наприклад, середня щільність, об’єм, вага, теплопровідність, табл.1.

Таблиця 1

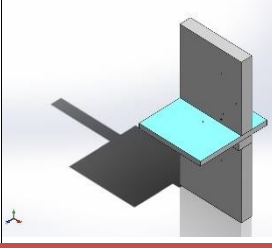
Вихідні дані для моделювання

Посилання на модель	Властивості	Компоненти
	Назва: <i>Бетон</i> Тип моделі: <i>Лінійний</i> <i>Пружний</i> <i>Ізотропний</i> Критерій міцності: <i>Не визначено</i> Теплопровідність: <i>1.75 Вт/(мК)</i> Масова щільність: <i>2400 кг/м³</i>	Плита Перемишка
Дані кривої: N/A		
	Назва: <i>Цегла</i> Тип моделі: <i>Лінійний</i> <i>Пружний</i> <i>Ізотропний</i> Критерій міцності: <i>Не визначено</i> Теплопровідність: <i>0.58 Вт/(мК)</i> Середня щільність: <i>2250 кг/м³</i>	Стіна Стіна

- термічні впливи, табл.2.

Таблиця 2

Вихідні дані для моделювання

Ім'я даних	Завантажити зображення	Завантажити дані
Конвекція-1		Об'єкти: 6 граней Коефіцієнт конвективної тепловіддачі: 0.000198375 Cal/(s.cm ² .°C) Варіація часу: Викл Варіація температури: Викл Масова температура навколишнього середовища: 18 Celsius
Конвекція-2		Об'єкти: 7 граней Коефіцієнт конвективної тепловіддачі: 0.000549713 Cal/(s.cm ² .°C) Варіація часу: Викл Варіація температури: Викл Масова температура навколишнього середовища: - 18Celsius

В результаті моделювання масиву даних вдалося встановити параметри температурних полів для зазначеного балконного вузла каркасно-камінних будинків. Було встановлено, що плита балкона без теплоізоляції, включаючи стіни характеризується властивостями, коли місток холоду з мінусовою температурою проникає по плиті і перекриття всередину приміщення.

У свою чергу визначено, місток холоду в плиті балкону з теплоізоляцією, але без теплоізоляції торця плити спостерігається на значному віддаленні від зовнішньої стіни будинку.

Отримані результати досліджень та аналіз температурних полів, що розповсюджуються по монолітній плиті балкону дозволили встановити оптимальний розмір відстані та товщини утеплення балкону від стіни будинку. Для даного вузла балкону будинку збудованого за каркасно-камінною схемою оптимальний розмір утеплення від стіни ззовні дорівнює 750 мм при товщині утеплювача зверху плити 30 мм, та знизу плити – 50 мм, рис. 3. Таке утеплення надасть змогу уникнути зміщення містків холоду всередину приміщень і таким чином позбавитися появи в критичних вузлах плісняви, цвілі, тощо. Така технологія утеплення актуальна для сучасних багатоповерхових будинків з не стандартними об'ємно-архітектурними рішеннями, які збудовані за каркасно-камінними, каркасно-монолітними або монолітними схемами без терморозривів між балконною плитою та монолітною плитою перекриття з відкритими типами балконів та еркерів або не закритих лоджій.

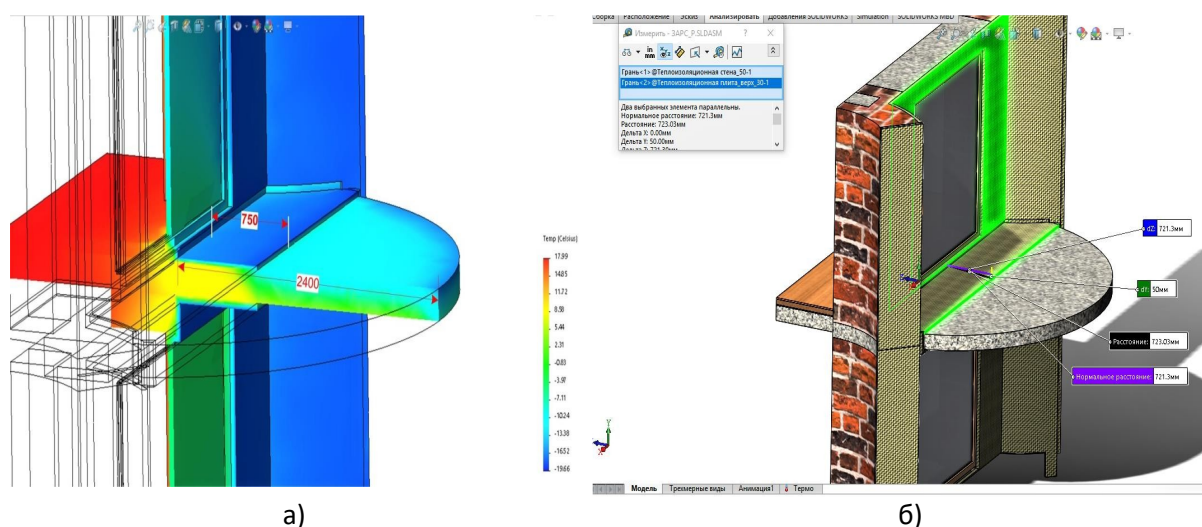


Рисунок 3 – Моделі утеплення балконних плит: а) температурне поле в центральному перерізі балкону з частковим покриттям ізоляцією – зверху 30мм і знизу 50мм на відстані 750 мм, при зовнішній мінімальній температурі -18°C та в приміщенні +18 °C; б) рекомендоване покриття ізоляцією балкону

Висновки

Моделювання утеплення в сучасних програмних комплексах SolidWorks Simulation Xpress дозволяє на стадії проектування здійснювати вибір економічно ефективних конструктивно-технологічних рішень теплоізоляції вузлів складних форм фасадів.

Було встановлено, що найбільш ефективно здійснювати утеплення не всього контуру балконної плити, як того вимагає нормативна документація, а достатньо розмір утеплення від стіни ззовні, що дорівнює 750 мм при товщині утеплювача зверху плити 30 мм, та знизу плити – 50 мм.

Економічно доцільно таку технологію утеплення використовувати для сучасних багатоповерхових будинків з не стандартними об'ємно-архітектурними рішеннями, які збудовані за каркасно-камінними, каркасно-монолітними або монолітними схемами без терморозривів між балконною плитою та монолітною плитою перекриття з відкритими типами балконів та еркерів або не закритих лоджій.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Чернявський В. В. Теплоізоляційно-опоряджувальні фасадні системи як засіб термомодернізації житлового фонду України / Чернявський В. В., Юрін О. І., Фаренюк Г. Г. // Ресурсноекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2008.- Вип. 17.– С.365 – 372.
2. Білоконь А.І. Контроль якості теплозабезпечення населення / А. І. Білоконь, І. В. Трифонов, Є. Ю. Вітютін // Сб. науч. трудов. Серия: Строительство, материаловедение, машиностроение. Вып. 38. Днепропетровск, ПГАСА. 2006.-С.179-183.
3. Ершов М. Н. Анализ технологических особенностей применения фасадных систем теплоизоляции / Ершов М. Н., Бабий И. Н., Менейлюк И. А.// журнал «Технология и организация строительного производства».– №4/№1(9)' Москва, 2014-2015. – С.43-47.
4. Бабий И. Н. Термографический анализ систем вентилируемых фасадов зданий/ Бабий И. Н., Менейлюк И. А., Борисов А.А. // Науково-технічний збірник "Комунальне господарство міст": ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, Харків, 2014. – Вип.118. – С.116-119.
5. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції будинків та споруд. Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. - Чинні з 2009.06.01. - К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. - 36 с. – (Національний стандарт України).
6. Алабовский А. Н. Техническая термодинамика и теплопередача / Алабовский А. Н., Недужий И. А.// Учебное пособие, 3-е изд. –Киев, Вища шк. 1990. -240 с.
7. Соха В. Г. Использование тепловизора для энергоаудита ограждающих конструкций зданий / Соха В. Г., Менейлюк А. И., Бабий И. Н., Борисов А. А.// Сборник науч. трудов «Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения». Днепропетровск: ПГАСА - 2008. - Вып. 47. - С.609-615.
8. Алямовский А. А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation М.: ДМК Пресс, 2010. -464 с. Ил. (Серия «Проектирование»).

REFERENCES

1. Chernyavs'kyu V. V. Teploizolyatsiyno-oporyadzhuvальni fasadni systemy yak zasib termomodernizatsiyi zhytlovoho fondu Ukrayiny / Chernyavs'kyu V. V., Yurin O. I., Farenjuk H. H. // Resursnoekonomni materialy, konstrukttsiyi, Budivli ta sporudy. - 2008.- Vyp. 17.- S.365 - 372.
2. Bilokon' A. I. Kontrol' yakosti teplozabezpechennya naseleennya / A. I. Bilokon', I. V. Trifonov, YE. YU. Vityutin // Zb. nach. prats'. Seriya: Budivnytstvo, materialoznavstvo, mashynobuduvannya. Vyp. 38. Dnipropetrovs'k ,, PHASA. 2006.- S.179-183.
3. Yershov M. M. Analiz tekhnolohichnykh osoblyvostey zastosuvannya fasadnykh system teploizolyatsiyi / Yershov M.M., Babyn I.M., Meneylyuk I.A. // zhurnal «Tekhnolohiya i orhanizatsiya budivel'noho vyrobnytstva» .- №4 / №1 (9) 'Moskva, 2014- 2015. - S.43-47.
4. Babyn I.M. Termohrafichnyy analiz system ventyl'ovanykh fasadiv budivel' / Babyn I.M., Meneylyuk I.A., Borysov A.A. // Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk "Komunal'ne hospodarstvo mist": KHNUMH im. O.M. Beketova, Kharkiv, 2014.- Vip.118. - S.116-119.
5. DSTU B V.2.6-36: 2008. Konstrukttsiyi budynkiv ta sporud. Konstrukttsiyi zovnishnikh stin z fasadni teploizolyatsiyeyu ta oporyadzhennya shtukaturkamy. Zahal'ni tekhnichni umovy. - Chinni z 2009.06.01. - K .: Ministerstvo rehional'noho rozvytku ta budivnytstva Ukrayiny, 2009. - 36 s. - (Natsional'nyy standart Ukrayiny).
6. Alabovs'kyu A.N. Tekhnichna termodynamika ta teploperedacha / Alabovs'kyu A.N., neduzhykh I.A. // Navchal'nyy posibnyk, 3-e yzd. -Kyiv, Vyshcha shk. 1990. -240 s.
7. Sokha V.H. Vykorystannya teplovizora dlya enerhoaudytu ohorodzhuvальnykh konstrukttsiy budivel' / Sokha V.H., Meneylyuk A.I., Babyi I.M., Borysov A.A. // Zbirnyk nauk. prats' «Budivnytstvo. Materialoznavstvo. Mashynobuduvannya. Seriya: Innovatsiyi tekhnolohiyi zhyttevoho tsykladu ob'ektiv zhytlovo-tsyvil'noho, promyslovoho i transportnoho pryznachennya ». Dnipropetrovs'k: PDABA - 2008. - Vyp. 47. - S.609-615.
8. Alyamovskaya A.A. Inzhenerni rozrakhunky v SolidWorks Simulation. M .: DМК Press, 2010. -464 s. Il. (Seriya «Proektuvannya»).

Афанасьєв Борис Анатолійович – член асоціації енергоаудиторів України, кваліфікований енергоаудитор, м. Одеса. E-mail: sunecoplus@gmail.com.

Бабій Ігор Миколайович – к.т.н., доцент, доцент кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва і архітектури. E-mail: igor7617@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-8650-1751.

Борисов Олександр Олександрович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технології будівельного виробництва Одеської державної академії будівництва та архітектури. E-mail: etinvest@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-6930-3243.

Кучеренко Лілія Василівна – к.т.н., доцент, доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури. E-mail: liliya13liliya13@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-0348-3610.

Хлищов Микола Володимирович – канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри процесів і апаратів в технології будівельних матеріалів, Одеської державної академії будівництва та архітектури.

B. Afanasyev¹
I. Babij¹
O. Borisov¹
L. Kucherenko²
N. Khlytsov¹

MODELING OF THE WARMING TECHNOLOGY OF THE BUILDING PROJECT WITH COMPLEX FORMS OF FACADES

¹Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

²Vinnitsa Technical University, Vinnitsia

The article presents ways to choose effective structural and technological solutions for fastened thermal insulation systems of complex forms of facades based on the simulation of heat fields and flows through the use of the SolidWorks Simulation Xpress software package. Determination of the optimal parameters of thermal insulation at the design stage will allow us to get rid of the negative effects of cold bridges at the junctions of the balconies, and reduce the cost of installing bonded thermal insulation of facades with complex shapes.

It was found that it is most effective to insulate not the entire contour of the balcony slab, as required by regulatory documentation, but rather the size of the insulation from the wall outside equal to 750 mm with a thickness of insulation on top of the slab of 30 mm, and on the bottom of the slab - 50 mm. It is economically feasible to use such a warming technology for modern multi-storey buildings with non-standard volumetric-architectural solutions that are built according to frame-stone, frame-monoolithic or monoolithic schemes without thermal break between the balcony slab and the monoolithic floor slab with open types of balconies and bay windows or not closed loggias .

Keywords: Bonded thermal insulation systems, modeling, optimization, warming, high-rise buildings.

Boris A. Afanasyev – Member of the Association of Energy Auditors of Ukraine, qualified energy auditor, Odessa. E-mail: sunecoplus@gmail.com.

Igor N. Babij – PhD, Associate professor of the Department of Technology of Building Production of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. E-mail: igor7617@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-8650-1751.

Oleksandr O. Borisov – Ph.D., assistant professor of Department of Technology of building production, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. E-mail: etinvest@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-6930-3243.

Lily V. Kucherenko – PhD, Associate professor of the Department of Building, Urban and Architecture. E-mail: liliya13liliya13@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-0348-3610.

Nikolay V. Khlytsov - PhD, Associate professor, head of Department of the Processes and Devices in Production Engineering of Building Materials Department of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture.

Б. А. Афанасьєв¹
І. Н. Бабій¹
А. А. Борисов¹
Л. В. Кучеренко²
Н. В. Хлыщов¹

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УТЕПЛЕНИЯ ПРОЕКТА ЗДАНИЯ СО СЛОЖНЫМИ ФОРМАМИ ФАСАДОВ

¹Одесская государственная академия строительства и архитектуры, Одесса

²Винницкий национальный технический университет, Винница

В статье приведены пути выбора эффективных конструктивно-технологических решений систем скрепленной теплоизоляции сложных форм фасадов на основе моделирования тепловых полей и потоков за счет использования программного комплекса SolidWorks Simulation Xpress. Определение оптимальных параметров теплоизоляции на стадии проектирования позволит избежать негативных воздействий мостиков холода в узлах соединения балконов, и уменьшить стоимость устройства систем скрепленной теплоизоляции фасадов со сложными формами.

Было установлено, что наиболее эффективно осуществлять утепления не всего контура балконной плиты, как того требует нормативная документация, а достаточно размер утепления от стены снаружи, равный 750 мм при толщине утеплителя сверху плиты 30 мм, и снизу плиты - 50 мм. Экономически целесообразно такую технологию утепления использовать для современных многоэтажных домов с не стандартными объемно-архитектурными решениями, которые построены по каркасно-каменной, каркасно-монолитной или монолитной схемам без терморазрыва между балконной плитой и монолитной плитой перекрытия с открытыми типами балконов и эркеров либо не закрытых лоджий.

Ключевые слова: Системы скрепленной теплоизоляции, моделирование, оптимизация, утепление, высотные дома.

Афанасьев Борис Анатольевич – член ассоциации энергоаудиторов Украины, квалифицированный энергоаудитор, г. Одесса. E-mail: sunecoplus@gmail.com.

Бабий Игорь Николаевич – к.т.н., доцент кафедры технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры. E-mail: igor7617@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-8650-1751.

Борисов Александр Александрович – к.т.н., доцент кафедры технологии строительного производства Одесской государственной академии строительства и архитектуры. E-mail: etinvest@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-6930-3243.

Кучеренко Лилия Васильевна – к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры. E-mail: liliya13liliya13@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-0348-3610.

Хлыцов Николай Владимирович – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой процессов и аппаратов в технологии строительных материалов Одесской государственной академии строительства и архитектуры.