

УДК 697.331

Н.А. Прусенков, С.Н. Бабюк

Одесский национальный политехнический университет, пр. Шевченко, 1, г. Одесса, 65044

СУПЕРПОЗИЦИОНИРОВАНИЕ ПОДВИЖНОГО ПОТОКА НА СОСТАВЛЯЮЩИЕ: а) ПЕРЕСЕКАЮЩУЮ НАРУЖНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ И б) С ПОДВИЖНОЙ СРЕДОЙ

Приведенные аргументы, иллюстрирующие перспективность использования потенциала подвижных слоев и отсутствие в нормативах теоретической базы и методик расчетов способов уменьшения потерь энергии за счет дооборудования и эксплуатации ограждений с подвижными слоями, должны стимулировать организацию, проведение исследований и внедрения их результатов для снижения потерь в многослойных ограждающих конструкциях.

Ключевые слова: замкнутый слой – подвижный слой – теплопереход – температура поверхности – перемещение энергии – потери энергии потоком – взаимодействие составляющих.

М.О. Прусенков, С.Н. Бабюк

Одеський національний політехнічний університет, пр. Шевченка, 1, м. Одеса, 65044

СУПЕРПОЗИЦІОНУВАННЯ РУХОМОГО СТРУМУ НА СКЛАДОВІ: а) ЩО ПЕРЕТІНАЄ ЗОВНІШНІ ПОВЕРХНІ ТА б) З РУХОМИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Наведені аргументи, що ілюструють перспективність використання потенціалу рухомих шарів і відсутність в нормах теоретичної бази розрахунків способів зменшення втрат енергії дообладнанням та експлуатацією огорож з рухомих середовищем, повинні стимулювати організацію та впровадження досліджень у галузі.

Ключові слова: Замкнений шар, рухомий шар, Теплоперехід, Температура поверхні, Переміщення енергії, Втрати енергії струмом, Взаємодія складових

DOI: 10.15673/0453-8307.6/2014.30991



This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

I. ЦЕЛЬ ПУБЛИКАЦИИ

Качество многослойных ограждающих конструкций (МОК) оценивается затратами энергии на обеспечение температурного режима эксплуатации. Параметром, определяющим их, является потеря энергии на переход теплового потока между поверхностями слоев. Сэкономленные при модернизации конструкции затраты энергии должны компенсировать потери системы на работу сети отопления в целом, в том числе, на создание заданного температурного перепада на поверхностях ограждения. В частности, переход теплового потока через МОК, предусмотренный действующими нормами для замкнутых слоев [1, 2], уместно заменить на процессы, исключющие или существенно снижающие затраты на поддержание заданных температур в составляющих тепловых потоках [3, 4]. Как вариант совершенствования МОК рассматривается дополнение состава ее элементов слоем с подвижной средой или составляющей энергонесущего потока. Ожидаемые преимущества МОК с подвижным слоем (средой) позволяют актуализировать изучение и использование свойств подвижных потоков и предложить вариан-

ты способов регулирования потерь энергии в системах и сетях отопления зданий. Особенно важным для этого является способность подвижной среды, из которой могут состоять некоторые слои МОК, перемещать в себе энергию, взаимодействующую с энергией потока тепла между ее поверхностями и компенсирующую потери всей системой на отопление. Представление и объединение предпосылок для расчета компенсационных поступлений в подвижном слое МОК – цель и перспективная идея публикации.

II. УЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СВОЙСТВ ПОДВИЖНОГО СЛОЯ МОК

В базовых документах [1, 2] указаны коэффициенты теплопроводности неподвижных слоев из различных материалов (λ_{xz} , Вт/(мх°С)), пересекаемых тепловым потоком через МОК, а для воздушного слоя, как функция его толщины (δ_{nx} , м - см. Прил.4.[2]) – термическое сопротивление теплопереходу замкнутой составляющей (R_x , (м²х°С)/Вт). Перемещение энергии в подвижной составляющей таких слоев нормами не учитывается, ввиду пренебрежения ими для замкнутых (неподвижных) слоев. Это допускает и дает возмож-

ность упростить расчет теплоперехода через МОК до уровня, предусмотренного указанными нормами и действительного только для варианта применения исключительно замкнутых слоев, при отсутствии или отказе учитывать параметры подвижной составляющей. Установленной неточностью допускается пренебрегать только для замкнутых слоев и составляющих потоков. Изменения температуры ($\Delta T_{\text{пл}}$, °C) и энергии ($Q_{\text{пл}}$, Дж) в подвижной составляющей подвижного потока (слоя) нормы не учитывают. Если считать, что потеря температуры в подвижной составляющей компенсируется внешними источниками, затраты которых оценка потерь переходящим потоком не рассматривает, то допущенное в нормах упрощение расчетов обосновано и целесообразно, облегчая расчеты. Но тогда, следует лишиться права использовать компенсационные поступления энергии в воздушной составляющей, предусмотренной, например, «Рекомендациями» [4]. Это противоречит прогнозам перспективности использования подвижных слоев [1-4], пренебрежением потерями и поступлениями энергии в МОК извне. Перспективность возможности компенсации потерь поступлениями энергии в подвижном потоке [5,6] таким образом автоматически отвергается.

Выходом может стать модернизация существующей системы регулирования температур на поверхностях ограждения известными средствами управляемых энергопоступлений в подвижном слое [7, 8]. Необходимо использовать приоритеты подачи регулирующей составляющей в подвижном потоке подвижного слоя [5-8]. Это представляется способом достижения цели публикации.

III. ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ ПОДВИЖНОГО ПОТОКА ДЛЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГИИ СОСТАВЛЯЮЩИМИ

Действующая и существовавшие ранее нормы ДБН и СНиП [1,2,3] рекомендуют использование подвижных потоков тепла для изменения потерь энергии, переходящей через МОК. Но методик определения потерь энергии в подвижном слое и в МОК они не представляют. Схема изменения температур в среде подвижного слоя в этих документах не нормируется, а попытка рассмотреть ее для варианта, предусмотренного «Рекомендациями» [4], акцентирует внимание на оригинальном частном случае неподвижности воздушной среды, исключая выделение подвижных составляющих в общем потоке слоя, ограничиваясь учетом свойств замкнутой составляющей, проявляющихся в его подвижном потоке [4, 5].

Оценка взаимодействия составляющих, пересекающихся в подвижном потоке в процессе эксплуатации, проведенная специально для иллюстрации проявления различных по исходным данным свойств процессов изменения температур на поверхностях соприкасающихся слоев усматривает одновременность двух процессов в единой среде: а) теплоперехода в замкнутой составляющей и б) теплообмена в подвижной составляющей, происходящих в общем для них потоке. Это обосновывает необходимость включить в число свойств,

проявляемых подвижным потоком, суперпозиционность каждого из составляющих процессов в едином слое (среде), обеспечивающую каждому из них формирование части суммарных изменений температур на поверхностях подвижного слоя МОК [5]. Для этого целесообразно суперпозиционировать изменения температур на каждой из поверхностей подвижного слоя как сумму температурных изменений в каждой из составляющих, сформированных различными источниками энергии: а) системой отопления, создающей пересекающий поверхности МОК поток [1-5] и б) поступлениями в подвижном слое МОК от внешних источников [6].

В указанных нормативах воздушный слой рассматривается как неподвижный (в замкнутой среде), т.е. изменение температуры и энергии в потоке и в его подвижных (незамкнутых) составляющих в период эксплуатации не учитываются. Это справедливо только для комплектации МОК из материалов, исключаящих перемещение энергии вдоль ее оси, что противоречит неотъемлемым свойствам подвижных слоев. Но это узаконено в нормах, допущено к использованию для замкнутых слоев [1, 2] и рекомендовано как перспектива утилизации термического сопротивления для уменьшения потерь воздушной составляющей фасадных систем [4].

Рассматриваемый вариант доукомплектации МОК подвижным слоем расширяет возможности воздействия на теплоэнергетический режим в период эксплуатации. Для этого в многослойную ограждающую конструкцию вводится (добавляется) подвижный слой, расположенный между замкнутыми внешними (наружным и внутренним) слоями МОК. Он отличается от известных и проверенных фасадных систем размещением подвижного слоя между замкнутыми и рекомендацией ограничиться учетом дополнительного термического сопротивления замкнутой составляющей подвижного слоя как предусмотрено «Рекомендациями» [1, 2, 4].

Существующие нормы ограничиваются использованием потенциала свойств одного источника энергии, формирующего тепловой поток через ограждение, что узаконено в нормативах и допущено ими к использованию при эксплуатации МОК из замкнутых слоев [1-4], оставляя только перспективу утилизации термического сопротивления воздушного (но замкнутого!) слоя, как в «Рекомендациях» для фасадных систем [4]. Этого недостаточно для оценки возможностей и регулирования энергопотерь тепловыми потоками в многослойных ограждающих конструкциях с подвижным (не замкнутым!) слоем, расположенным между замкнутыми внешними. Такие МОК отличаются от фасадных систем учетом свойств, вызванных подвижностью подвижной составляющей подвижного слоя [6]. В этом случае учитывать компенсацию энергозатрат, поступившую от внешних источников в подвижном слое просто необходимо. Значит, нельзя не согласиться с тем, что в данном случае, в период эксплуатации МОК в подвижном слое [5] пересекаются и взаимодействуют разнонаправленные его составляющие. Процессом их

взаємодія являється теплообмен, а не передумовлений нормативами теплопереход. Енергозатрати на перехід тепла між поверхностями рухомого шару оказуються сильно відмінними від витрат на подолання термічного опору замкнутої складової середовища рухомого шару. Необхідно більш докладно і закріплене нормами описання виникаючого в рухомому шарі процесу, можливо навіть урахування витрат на переміщення рухомої середовища і регулювання її параметрів. Такого обсягу нововведень уместно продовжити і обґрунтувати теоретично в окремих спеціальних дослідженнях.

IV. ДОПОЛНЕНИЕ МЕТОДИК РАСЧЕТОВ ЗАТРАТ МОК С ПОДВИЖНЫМ ПОТОКОМ

Предположения и допущения, узаконенные предшествующими и действующими нормами, что:

– а) удельные потери энергии в неподвижном воздушном слое, как в любом другом неподвижном, складываются из потерь в подвижной и замкнутой составляющих суперпозиционируемого потока в подвижном слое:

$$q_x = q_{xл} + q_{xz}, \text{ Вт/м}^2 \quad (q_x = q_{xz}, \text{ при } q_{xл} = 0) \quad (1)$$

где q_x , Вт/м² – удельные теплотери в заданном слое (x); $q_{xл}$ – удельные потери подвижной составляющей потока тепла в данном слое (x) МОК; q_{xz} – удельные теплотери замкнутой составляющей теплового потока слоя (x);

– б) потерями и поступлениями энергии в движущейся вдоль оси подвижного слоя (подвижной) составляющей этого же потока пренебрегать нельзя, так как взаимодействуя и обмениваясь энергией с пересекающейся с ней составляющей, замкнутой между поверхностями подвижного слоя, она изменит энергетический баланс, тепло-содержание в составляющих слоя и, соответственно, температуры на поверхностях, соприкасающихся с этим подвижным слоем. Изменений не произойдет только при условии, предусмотренном действующими нормами [1-3] – когда все слои МОК замкнутые или когда энергопоступлений в подвижной составляющей подвижного потока нет ($q_{xл} = 0$).

На базе имеющихся нормативов и допущений, не противоречащих указанным, еще в 2002 году, были созданы «Рекомендации расчета фасадных систем»[4], которые декларировали учет влияния удельного термического сопротивления замкнутой составляющей подвижного потока в подвижном слое ($R_{xz}=R_{лз}$, (м²х°С)/Вт), якобы добавляющегося к суммарному термическому сопротивлению всех слоев МОК на пути теплоперехода. Это адекватно увеличению удельного термического сопротивления подвижного потока и всей многослойной ограждающей конструкции на пути теплоперехода между ее поверхностями, что компенсирует (желаемый результат) удельные потери энергии в окружающее пространство на величину, обратнопропорциональную доле потерь

энергии замкнутой составляющей подвижного слоя:

$$q_{xz} = \Delta t_{xz}/R_{xz}, \text{ Вт/м}^2 \quad (2)$$

где Δt_{xz} , °С – перепад температур замкнутой составляющей на поверхностях слоя (x); R_{xz} , (м²х°С)/Вт – удельное термическое сопротивление замкнутой составляющей.

Примечание: Все компоненты теплопотерь или поступлений в подвижной составляющей, кроме указанных в данной системе рекомендаций [4] обнуляются т.к. считается, что они осуществляются внешними источниками и к потерям системы, рассматривающей только отопление МОК, отношения не имеют. Доля компенсаций при использовании свойств подвижной среды – это спорный вопрос, решение которого регулируется комплексом мероприятий и конструктивных роешений для взаимодействия пересекающихся составляющих подвижного потока [5-8].

Необходимы уточнения существующей методики включением дополнительного слагаемого, учитывающего энергопоступления от внешних источников, в формулу для определения и учета потерь и поступлений, стимулированных внешними источниками через подвижную составляющую подвижного потока МОК (формула 1). Это вызывает необходимость пересмотра комплектации компонентов и параметров взаимодействия в объемах отыскания их комбинации, обеспечивающей минимальные затраты энергии пересекающимися составляющими и их суммой на обеспечение заданной температуры внутренней поверхности МОК – $\Delta Q_{\text{мок}} = f(t_{\text{в}})$, с одной стороны, и выравнивание температур на поверхностях соприкасающихся слоев МОК для исключения теплоперехода между ними [9], с другой стороны.

ВЫВОДЫ

1. Представленные ранее схемы теплоперехода потока через подвижный слой и многослойную ограждающую конструкцию в целом искусственно суперпозиционируют процесс теплоперехода в подвижной составляющей потока, переходящего между ее внешними поверхностями только для удобства анализа теплоперехода в замкнутой составляющей воздушного потока.

2. В реальном подвижном слое подвижной среды предусматривать теплопереход в замкнутой составляющей не всегда корректно, его необходимо заменить на менее энергоемкий процесс между поверхностями этого слоя. Для расчета и описания взаимосвязи необходимы более подробные мотивации и исследования, превышающие объем данной публикации.

3. В замкнутых слоях МОК изменения теплотехнических характеристик происходят в соответствии с законом Фурье, как рассмотрено в учебниках и утверждено действующими нормами. Для расчета потерь и поступлений энергии в подвижных потоках и их составляющих необходимы дополнения нормативной и теоретической баз.

4. Компенсация недостающего тепла для обеспечения заданного температурного перепада на поверхностях МОК может осуществляться за счет энергии внешних источников в подвижном слое, чему есть подтверждения и что становится предпосылкой для создания методики расчета дополнительных поступлений для регулирования температурного перепада на поверхностях МОК.

5. Введение дополнительного подвижного слоя изменяет принципы определения и регулирования теплопотерь за счет использования потенциала дополнительного источника, снижающего потери системой отопления и регулирующего потери энергии потком, пересекающим МОК, при поддержании температуры ее внутренней поверхности.

6. Разделение (суперпозиционирование) подвижного потока на две пересекающиеся составляющие регламентирует перспективу регулирования потерь МОК в период эксплуатации изменением поступлений от внешних источников.

ЛИТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.6-31:2006 Тепловая изоляция зданий и сооружений. – К: Минстрой Украины «Укрстройинформ» – 2006. – 65 с., с ил.
2. СНиП II-3-79** Строительная теплотехника. – М: Госстрой. – 1986. – 32 с., с ил.

N.A. Prusenkov, S.N. Babyuk

Odessa national polytechnic university, av. Shevchenko, 1, Odessa, 65044

SUPERPOSITIONING OF MOVABLE STREAM ON CONSTITUENTS: A) CROSSING OUTWARD SURFACES AND B) WITH MOVABLE ENVIRONMENT

The above arguments that illustrate the moving layers potential using perspectives and lack of regulations in the theoretical basis and methodics of calculation methods for energy losses reducing due to retrofitting and exploitation of fences with moving layers, should encourage the organization, research and implementation of their results to reduce losses in the multilayer walling.

Keywords: *the reserved layer, movable layer, heat transfer temperature of surface, moving of energy, loss of energy a stream, cooperation, environment, constituents.*

REFERENCES

1. DBN B.2.6-31:2006 Teplovaya izolyatsiya zdaniy i sooruzheniy. – K: Minstroy Ukrainy «Ukrstroyinform» – 2006. – 65 p., s il.
2. SNiP II-3-79** Stroitel'nay teplotekhnika. – M: Gosstroy – 1986. – 32 p.
3. DBN B. 2.6-31:2006-ZMINY Konstruksii budivel i sporud. Teplovaya izolyatsiya budivel. – K: Minstroy Ukrainy «Ukrstroyinform». – 2006 – 65 p., s il.
4. Rekomendatsii po proekirovaiyu navesnykh fasadnykh system s ventiliruemym vozdushnym zazorom dlya stroitel'stva i rekonstruksii zdaniy. – M: Moskomarkhitektura – 2002. – 104 p., s il.
5. Prusenkov N.A. Shema opredeleniya sostavlyayuschih poter tepla v podvizhnom sloye MOK. –

3. ДБН В.2.6-31:2006-ЗМІНИ Конструкції будівель і споруд. Теплова ізоляція будівель.- 13.04.12., ст. 14. (Наказ № 82 від 04.03.13., Міністерство регіонального розвитку, будівництва та архітектури).

4. Рекомендации по проектированию навесных фасадных систем с вентилируемым воздушным зазором для строительства и реконструкции зданий. – М : Москомархитектура – 2002. – 104 с., с ил.

5. **Прусенков Н.А.** Схема определения составляющих потерь тепла в подвижном слое МОК. – Одесса: ОНАПТ, Холодильная техника и технология. – № 4 (150). – 2014. – с. 39-43.

6. **Прусенков Н.А.** Компенсация потерь постоянным поступлением в многослойное ограждение. – Одесса: ОНАПТ, Холодильная техника и технология. – № 2 (142). – 2013. – с. 44-48.

7. **Орлов Д.П.** Патент RU 2301944 МПК F240D 15/00, Способ отопления зданий. – 2006.

8. **Кузич Р.В.** та інші. Патент на корисну модель 41188 U VGR E04B 1/00, Конструкція зовнішньої стіни будівлі з тепловим та теплоінерційним бар'єрами. – 2009.

9. **Исаев В.Ф., Прусенков Н.А.** Расход теплоносителя при расчетном температурном перепаде подвижного слоя МОК. – Одесса: ОГАСА, Вестник ОГАСА. – Вып. № 54. – 2014. – с. 126-132.

Odessa: ONAFT, Refrigeration engineering and technology. – № 4 (150) – 2014. – P. 39-43.

6. **Prusenkov N.A.** Kompensatsiya poter postoyannym postupleniem v mnogoslnoye ograazhdenie. – Odessa: ONAFT, Refrigeration engineering and technology. – № 2 (142) – 2013. – P. 44-48.

7. **Orlov D.P.** Patent RU 2301944 MPK F240D 15/00, Sposob otopeniya zdaniya. – 2006.

8. **Kuzich R.V.** ta inshi. Patent na korisnu model 41188U VGR EO4B 1/00, Konstrukciya zovnishnoji stiny budivli z teplovym ta teploinerciyim bar'erami. – 2009.

9. **Isaev V.F., Prusenkov N.A.** Raskhod teplonositelya pri raschetnom temperaturnom perepade podvignogo sloya MOK. – Odessa: OGASA, Vestnik OGASA. – vip. № 54. – 2014. – P. 126-132.

Отримана в редакції 19.09.2014, прийнята до друку 17.11.2014