

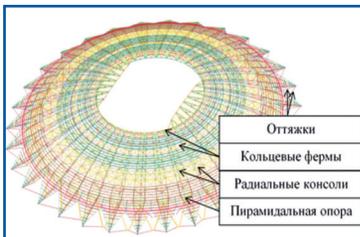
БСТ

2018

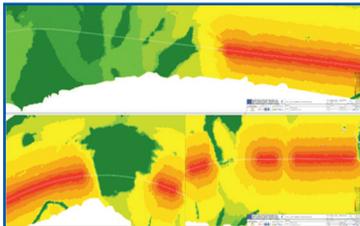
Журнал
издается
с 1944 года

10
(1010)

Ежемесячное издание материалов
по техническому регулированию в строительстве



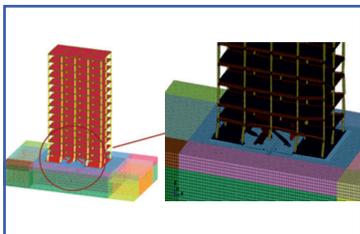
с. 50.



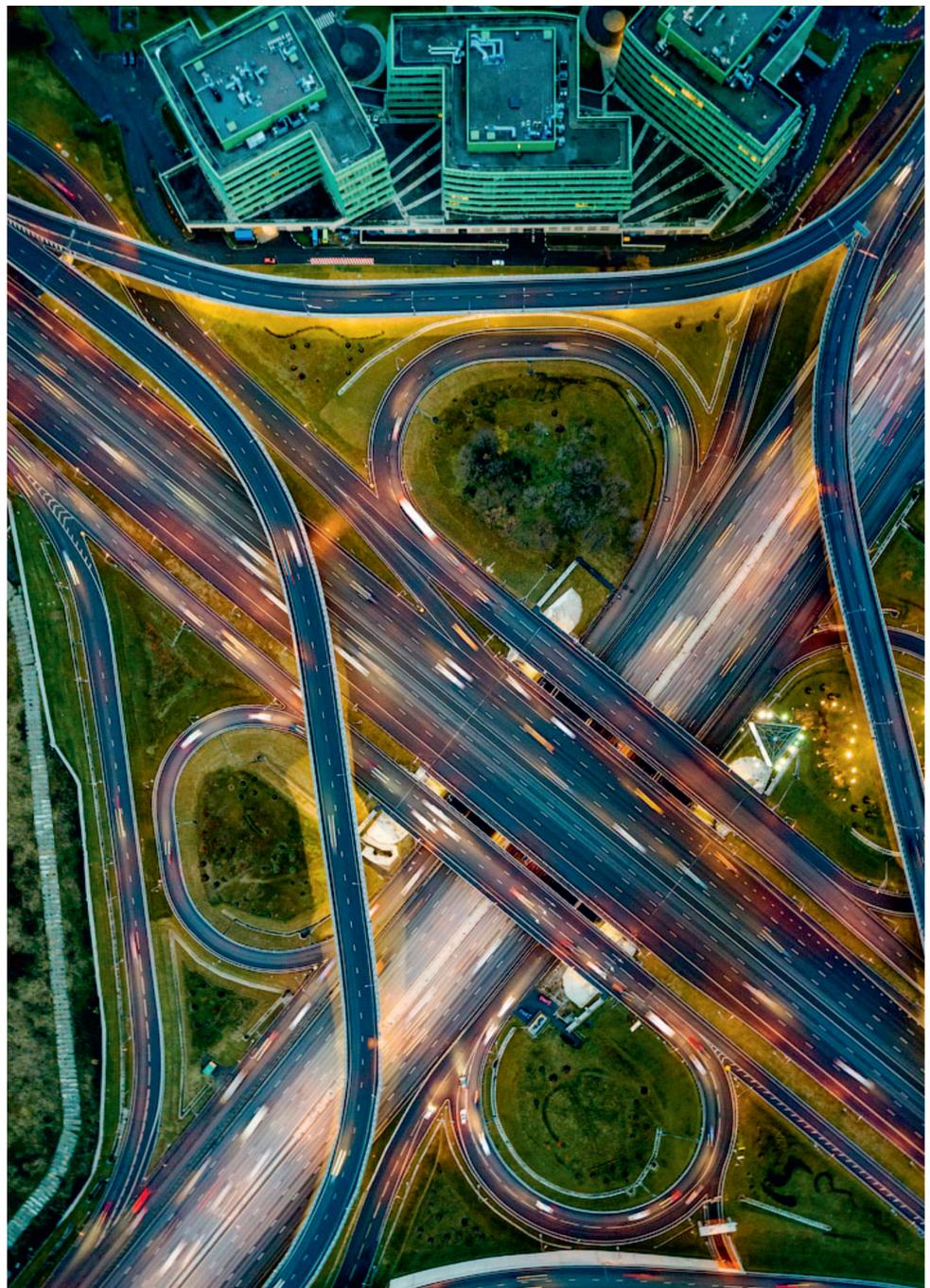
с. 27.



с. 29.



с. 42.



ГРАДОСТРОИТЕЛЬСТВО

ISSN 0007-7690

БСТ

Бюллетень
строительной
техники

№ 10 (1010) 2018

Журнал издается с 1944 года

Ежемесячный научно-технический,
производственный и иллюстрированный
журнал материалов
по техническому регулированию
в строительстве

Межправительственного совета
по сотрудничеству в строительной
деятельности стран СНГ,

Министерства строительства и ЖКХ РФ,
Федерального автономного учреждения
«Федеральный центр нормирования,
стандартизации и технической оценки
соответствия в строительстве»,
Российского союза строителей

Учредитель и издатель:
ИЗДАТЕЛЬСТВО «БСТ»

Главный редактор
Т.М. ШПИЛЕВА,
почетный строитель России

Редакционный совет:

Римшин В.И., докт. техн. наук
(председатель)

Басин Е.В., докт. экон. наук

Барина Л.С., канд. хим. наук

Гараев А.Н., канд. техн. наук

Ерофеев В.Т., докт. техн. наук

Золотков А.С., докт. техн. наук

Михеев Д.В., канд. экон. наук

Мясников А.Д., почетный строитель России

Пилпенко В.М., докт. техн. наук

Умаров У.Х., канд. техн. наук

Шпилев Б.Е., канд. экон. наук

(зам. председателя)

Шубин И.Л., докт. техн. наук

Почтовый адрес издательства:

107996, ГСП-6, К-31, Москва,

ул. Кузнецкий мост, 21/5, к. 5060

Тел./факс: (495) 626-04-76

E-mail: BSTmag@co.ru

Адрес в Интернете: www.bstpress.ru

Подписной индекс в каталоге

Агентства «Роспечать» – 70083

Подписано в печать: 01.10.2018

Формат 60×90 1/8

Тираж

Цена договорная

1 с. обл. – Москва, 2018

Перепечатка, публикация и использование в какой-либо форме опубликованных в журнале «БСТ» материалов, в том числе в электронном виде (размещение в Интернете, копирование на электронные и другие носители), а также включение в состав других произведений и сборников с целью перепродажи без письменного согласия Издательства запрещены.

За содержание и достоверность сведений в рекламных объявлениях ответственность несет рекламодатель.

Журнал зарегистрирован
Министерством Российской Федерации
по делам печати, телерадиовещания
и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство:

ПИ № 77-17072 от 26.12.2003.

Отпечатано в типографии ООО «ТРЕК ПРИНТ»

ЖУРНАЛ ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ ВАК

СОДЕРЖАНИЕ

ОФИЦИАЛЬНЫЙ РАЗДЕЛ

В Правительстве РФ

4

ЛЕНТА НОВОСТЕЙ

7, 11, 23, 25, 33, 37, 40, 55

В Минстрое России

Вести Главгосэкспертизы

ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Задачи реформирования градостроительной составляющей СНиП при переходе к использованию цифровых технологий управленческой деятельности

10

России нужен технический регламент на стройматериалы

12

В ФАУ ФЦС

Проект техрегламента «О безопасности строительной продукции» вызывает большое сомнение...

16

О типах объектов градостроительного проектирования

18

НАУКА 2.1

Градостроительство

«Умный город»: концепция устойчивого развития застроенных территорий с позиции экологической комфортности

20

Возможность применения международного опыта в строительстве коттеджных поселков в России

24

Создание цифровой модели местности с использованием картографических веб-сервисов для составления карты шума

26

Технология и организация строительства

Анализ риска эффективности предварительных технических решений в концессионных проектах

28

Автоматическое определение гранулометрического состава бетонной смеси

30

Разработка состава высокопрочного кирпича с использованием купершлака в качестве отощителя

32

Оценка эксплуатационных характеристик материалов и конструкций воссозданного исторического здания в центре Москвы

34

Безопасность среды обитания

Применение некоторых отходов строительства в геоэкозащитных технологиях рекультивации почв

36

Сейсмостойкое строительство

Критерии, используемые для выделения в спектре сейсмомониторинга сооружений ГЭС частот, характеризующих пульсации давления в водопроводящем тракте

38

Исследование реакции железобетонного здания на землетрясение при начальных повреждениях грунтового основания

41

Экология и энергосбережение

О влиянии промышленных агломераций г. Курска на подземные воды как источник питьевого водоснабжения

43

Оценка качества продуктов дробления бетонного лома для его применения в технологии бетона

47

Надежность строительных конструкций

Исследование напряженно-деформированного состояния конструкций с учетом результатов обследования

50

Оценка вероятности возникновения термических трещин в монолитном бетонном блоке с помощью индекса растрескивания

53

Об учете взаимности процессов тепло- и влагопереноса при расчете ограждающих конструкций

56

Развитие деревянных конструкций рам и арок

59

Тестирование средств измерения и регистрации при испытаниях строительных конструкций

61

Современные строительные материалы на основе цельной древесины, используемые в деревянном домостроении

63

ДЕЛОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ

II, III, IV с. обл.

BST

Byulleten'
stroitel'noj
tehniki

№ 10 (1010) 2018

The journal has been published since 1944

The monthly scientific and technical, production and illustrated journal of materials on technical regulation in construction of Intergovernmental Council for cooperation in construction activity of the CIS countries, the Ministry of Construction Industry, Housing and Utilities Sector of the Russian Federation, the Federal autonomous institution «Federal center of norm setting, standardisation and technical conformity assessment in construction», the Russian union of builders

Founder and publisher:
BST PUBLISHING HOUSE

Editor-in-chief
T.M. SHPILEVA,
Honorary Builder of Russia

Editorial council:
Rimshin V.L., Doctor of Sciences (Engineering) (chairman)
Basin E.V., Doctor of Sciences (Economic)
Barinova L.S., Candidate of Sciences (Chemistry)
Erofeev V.T., Doctor of Sciences (Engineering)
Garaev A.N., Candidate of Sciences (Engineering)
Zolotkov A.S., Doctor of Sciences (Engineering)
Mikheev D.V., Candidate of Sciences (Economic)
Myasnikov A.D., Honorary Builder of Russia
Pilipenko V.M., Doctor of Sciences (Engineering)
Umarov U.H., Candidate of Sciences (Engineering)
Shpilev B.E., Candidate of Sciences (Economic) (deputy chairman)
Shubin I.L., Doctor of Sciences (Engineering)

Postal address of the publishing house:
107996, GSP-6, K-31, Moscow,
Kuznetsky most St., 21/5, of. 5060

Ph./fax: (495) 626-04-76
E-mail: BSTmag@co.ru
Internet address: www.bstpress.ru

Subscription index in the catalog of
Rospechat Agency – 70083

Sent for the press: 01.10.2018
Format: 60×90 1/8
Edition
Price: contractual

On the front page of the cover –
Moscow, 2018

Reprint, publication and usage of published in the journal BST materials in any other form, including electronic form (placement on the Internet, copying on electronic and other media) and inclusion in the structure of other works and collections for the purpose of resale without written consent of the Publishing house are forbidden. The responsibility for data in advertisements is on the advertiser.

The journal is registered by the Ministry of the Russian Federation for the press, TV and radio broadcasting and means of mass communications.

Certificate:
PI № 77-17072 of 26.12.2003.

Printed in printing house «TrackPrint»

© BST Publishing house, 2018

THE JOURNAL IS INCLUDED INTO THE LIST
OF THE HIGHEST CERTIFYING COMMISSION

CONTENTS

OFFICIAL SECTION

In the Government of the Russian Federation

4

NEWS LINE

In Ministry of Construction, Architecture and Housing of Russia

7, 11, 23, 25, 33, 37, 40, 55

News of the Main Department of State Expertise

TECHNICAL REGULATION IN CONSTRUCTION

The tasks of reforming the urban component of SNiP in the transition to the use of digital management technologies

10

Russia needs technical regulations for building materials

12

In FAUAT&S

The draft technical regulations On the safety of construction products raises great doubts...

16

On types of objects of town-planning design

18

SCIENCE 2.1

Town planning

“Smart city”: a sustainable development concept for the built-up territories from the viewpoint of environmental comfort

20

Possibility of international experience implementation to cottage settlements construction in Russia

24

Creation of a digital terrain model using cartographic web services to compile a noise map

26

Technology and organization of construction

Risk analysis of the preliminary technical decisions effectiveness in concession projects

28

Non-standard ways of using security alarm systems

30

The development of the composition of high-strength bricks using kupershlak as quality of additive

32

Evaluation of the performance characteristics of materials and structures of a reconstructed historic building in the center of Moscow

34

Safety of the habitat

Application of some construction waste in geo-protective technologies for soil remediation

36

Seismic resistant construction

Criteria used to allocate in the seismic monitoring spectrum of HPP facilities frequencies characterizing the pressure pulsation in the waterway

38

Investigation of the reaction of a reinforced concrete building to an earthquake with initial damage to the base of soil

41

Energy saving and environment

On the effect of industrial agglomerations of Kursk on underground water as a source of drinking water supply

43

The estimation of quality characteristics of crashed concrete for its application in concrete technology

47

Reliability of building structures

Stress-strain state research of structures based on the monitoring data

50

Estimation of the probability of thermal cracks in a monolithic concrete block using the cracking index

53

On the account of the reciprocity of heat and moisture transfer in the calculation of enclosing structures

56

Development of wood frames and arches

59

Testing of measuring instruments and registration during testing of building structures

61

The modern structural materials on the basis of whole wood used in wooden housing construction

63

BUSINESS INFORMATION

II, III, IV p. of the cover

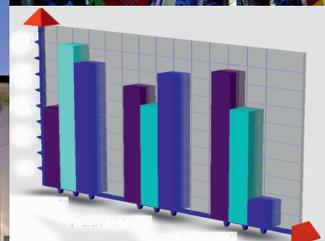
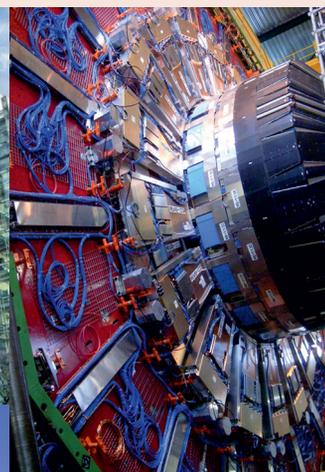
БСТ+ БСТ+



Наука 2.1

В разделе Наука 2.1
«БСТ» № 10 (2018)

- 20 *Градостроительство*
- 28 *Технология и организация строительства*
- 36 *Безопасность среды обитания*
- 38 *Сейсмостойкое строительство*
- 43 *Экология и энергосбережение*
- 50 *Надежность строительных конструкций*



УДК 621.1, 699.86

Об учете взаимности процессов тепло- и влагопереноса при расчете ограждающих конструкций¹⁾

В.А. Кузьмин, младший научный сотрудник ИЦСА ИПС им. А.К. Айламазяна РАН, ведущий инженер АО «Завод ЛИТ»;
Н.П. Умнякова, канд. техн. наук, зам. директора НИИСФ РААСН;

В.М. Цыганков, докт. техн. наук, проф., главный научный сотрудник ИПС им. А.К. Айламазяна РАН;
А.М. Цирлин, докт. техн. наук, проф., главный научный сотрудник ИПС им. А.К. Айламазяна РАН;

Аннотация. Рассмотрены результаты экспериментального исследования совместно протекающих процессов тепло- и влагопереноса в ограждениях строительных конструкций, найдена степень взаимного влияния этих процессов друг на друга, а значит, и оценка погрешности расчетов, при которых такое влияние игнорируется.

Ключевые слова: взаимное влияние потоков теплоты и влаги, тепло-массоперенос, уравнения Онсагера, пароизоляция, теплопроводность, строительная физика.

On the account of the reciprocity of heat and moisture transfer in the calculation of enclosing structures

V.A. Kuzmin, junior research fellow AT ICSA IPS im. A. K. Aylamazyan, RAS, leading engineer of JSC "Zavod LIT";
N.P. Umnyakova, cand. tech. sci., deputy Director Research Institute of construction physics of RAASN;

V.M. Tsygankov, doctor of tech. sciences, prof., chief researcher of IPS im. A. K. Aylamazyan wounds;
A.M. Tsirlin, doctor of tech. sciences, prof., chief researcher of IPS im. A. K. Aylamazyan wounds

Abstract. The results of the experimental study of the joint processes of heat and moisture transfer in the fences of building structures are considered, the degree of mutual influence of these processes on each other is found, and hence the error of calculations, in which such influence is ignored.

Keywords: Mutual influence of heat and moisture flows, heat and mass transfer, Onsager equations, vapor barrier, thermal conductivity, construction physics.

Введение

В необратимой термодинамике модель тепло-влагопереноса через плоское ограждение характеризуют уравнениями Онсагера [1, 2].

$$q = \alpha \left(\frac{1}{T_-} - \frac{1}{T_+} \right) + \beta \left(\frac{\mu_+}{T_+} - \frac{\mu_-}{T_-} \right), \quad (1)$$

здесь q и g — потоки теплоты и влаги соответственно, T_+ , T_- — температуры [K] по обе стороны ограждения, μ_+ и μ_- — химические потенциалы водяного пара в воздухе, зависящие от концентрации водяного пара и температуры; α , β , γ — коэффициенты.

Выражения, стоящие в круглых скобках в формуле (1), являются движущими силами процессов тепло и массопереноса. Коэффициенты α и β в уравнении (1) одинаковы по величине и размерности $\left[\frac{\text{К} \cdot \text{Моль}}{\text{сек}} \right]$ (условия взаимности).

Температуры и парциальные давления паров водяного пара входят в правую часть уравнения (1) нелинейно, поэтому ниже для упрощения анализа будем использовать линеаризованные уравнения для потоков энергии и массы через ограждение в форме:

$$\alpha_1 (T_+ - T_-) + \beta_1 (e_+ - e_-), \quad (2)$$

здесь $e_+(T_+, C_+)$ и $e_-(T_-, C_-)$ — парциальные давления паров воды в воздухе на внутренней и наружной стороне ограждения; C_+ , C_- — концентрация водяных паров в воздухе в мольных долях.

Естественно, что коэффициенты в уравнении (2), отличаются от коэффициентов уравнения (1), $\delta_1 \neq \beta_1$, по величине и размерности, но при стремлении движущих сил к нулю, выражения, стоящие в скобках в уравнении (2), также стремятся к нулю. Так что при малом значении движущих сил уравнений (1) и (2) эквивалентны и по коэффициентам β_1 и δ_1 можно рассчитать коэффициенты уравнений Онсагера, которые характеризуют взаимное влияние тепло- и влагопереноса.

Например, $\alpha_1 = \frac{\alpha}{T_+ T_-}$. В отличие от α этот коэффициент меняется при изменении температур. Но, если изменение температуры в камере ΔT_+ , отнесенное к среднему значению T_+ , невелико, то коэффициент, можно считать константой. Так, при изменении от 333 [K] до 293 [K], отклоняется от константы на 6,4%.

В практике расчетов параметров ограждений в строительной физике перекрестные потоки не принимаются во внимание. Цель данной работы состоит в том, чтобы экспериментально оценить долю перекрестных потоков в общем потоке энергии и влаги, проходящем через строительные конструкции. Эта доля, естественно, зависит от характеристик материала конструкции. Если конструкция не влагопроводна, а значит изменение температуры не сказывается на потоке влаги (он равен нулю), то в силу свойства взаимности изменение влажности не влияет на поток энергии.

Экспериментальная установка и расчетные соотношения

Экспериментальная установка состоит из двух идентичных камер, в каждую из которых помещен нагреватель заданной мощности W и может быть помещен сосуд с водой. Теплопроводность стенок камер одинакова, а влагопроводность стенок камеры №2 равна нулю, так как они покрыты изнутри пленкой, не проводящей влагу, термическим сопротивлением которой можно пренебречь.

Рассмотрим камеру, заполненную влажным воздухом. Пусть температура наружного воздуха T_- задана и постоянна, а температура внутри камеры T_+ может изменяться; тоже и с парциальным давлением паров воды.

Начальные значения $T_+(0)$ и $e_+(0)$ известны. Уравнения для изменения температуры и давления водяных паров в

¹⁾ Авторы выражают благодарность начальнику КИПиА АО «Завод ЛИТ» В.Г. Старостину, инженеру-электронщику КИПиА АО «Завод ЛИТ» А.В. Обидину за материально-техническое обеспечение экспериментальной части работы, а также компании-разработчику SCADA-систем Simplight за предоставленное программное обеспечение для регистрации данных эксперимента.

камере в предположении об однородности поля температуры и влажности по объему при подаче в камеру теплового потока W примут форму:

$$\begin{aligned} \dot{T}_+ S &= -q + W = -\alpha_1(T_+ - T_-) - \beta_1(e_+ - e_-) + W - rk(E(T_+) - e_+), \\ \dot{e}_+ M &= -g + h = -\gamma_1(e_+ - e_-) + \delta_1(T_+ - T_-) + k(E(T_+) - e_+). \end{aligned} \quad (3)$$

Здесь $h = k(E(T_+) - e_+)$ — поток водяных паров, испаряющихся с поверхности сосуда с водой, помещенного в камеру и пропорциональный разности между парциальным давлением паров $E(T_+)$, соответствующим их конденсации при температуре T_+ , и фактическим парциальным давлением; r — теплота парообразования воды.

Для камеры 2 поток влаги через стенки равен нулю и уравнения примут форму

$$\begin{aligned} \dot{T}_+ S &= -q + W = -\alpha_1(T_+ - T_-) - rk(E(T_+) - e_+) + W, \\ \dot{e}_+ M &= h = k(E(T_+) - e_+). \end{aligned} \quad (4)$$

В стационарном состоянии второй камеры, когда температура и парциальное давление в камере равны T_+^s, e_+^s и не изменяются, получим для коэффициента теплообмена и парциального давления пара выражения:

$$\alpha_1 = \frac{W}{T_+^s - T_-}, \quad e_+^s = E(T_+^s). \quad (5)$$

При эксперименте включают электрический нагреватель постоянной мощности W и доводят систему до стационарного состояния с температурой T_+^s , и влажностью e_+^s . Затем нагреватель выключают и наблюдают переходный процесс, возвращения системы в состояние равновесие с окружающей средой.

Если сосуд с водой в камере 1 отсутствует, то слагаемое, связанное с испарением влаги, равно нулю и уравнения для стационарного режима примут форму:

$$\begin{aligned} \alpha_1(T_+^s - T_-) + \beta_1(e_+^s - e_-) &= W, \\ \gamma_1(e_+^s + e_-) &= \delta_1(T_+^s - T_-). \end{aligned} \quad (6)$$

Первое из этих уравнений определяет β_1 :

$$\beta_1 = \frac{W - \alpha_1(T_+^s - T_-)}{e_+^s - e_-}. \quad (7)$$

Из второго уравнения можно найти отношение коэффициентов γ_1 и δ_1 :

$$\frac{\delta_1}{\gamma_1} = \frac{e_+^s - e_-}{T_+^s - T_-}. \quad (8)$$

Именно это отношение представляет интерес, так как позволяет оценить долю сопряженного потока влаги по отношению к основному. Величину коэффициента теплопроводности γ_1 можно найти по свойствам материала стенок с учетом их толщины и площади поверхности.

Рассмотрим модель переходного процесса после выключения нагревателя для первой камеры. Уравнения для изменения приростов температур и парциальных давлений $X = T_+ - T_-, Y = e_+ - e_-$ при $W = 0$ примут форму:

$$\begin{aligned} \dot{X} Q &= -\alpha_1 X - \beta_1 Y, \quad X_0 = T_+^s(0) - T_-, \\ \dot{Y} M &= -\gamma_1 Y + \delta_1 X, \quad Y_0 = e_+^s(0) - e_-. \end{aligned} \quad (9)$$

Здесь константы Q, M характеризуют емкость камеры по температуре и влажности.

Для второй камеры коэффициент β_1 в первом из уравнений (9) равен нулю. Преобразуем это уравнение по Лапласу [3][4]

$$(X(p)p - X_0)Q = -\alpha X(p)$$

и разрешим относительно $X(p)$. Получим:

$$X(p) = \frac{X_0 Q}{Qp + \alpha_1}. \quad (10)$$

Площадь под кривой изменения температуры от момента отключения нагревателя до установившегося значения S_x равна пределу $X(p)$ при стремлении p к нулю (см. [4]). Откуда, найдя эту площадь для эксперимента во второй камере, получим

$$Q = \alpha_1 \frac{S_x}{X_0}. \quad (11)$$

Вторые слагаемые в правых частях уравнений (9) со-

ответствуют сопряженным потокам. Их влияние H_T и H_e можно характеризовать долей сопряженного потока по отношению к основному. Так, для некоторого момента времени t_0 получим:

$$H_T(t_0) = \frac{\beta_1 Y_0(t_0)}{\alpha_1 X_0(t_0)}, \quad H_e(t_0) = \frac{|\delta_1 X_0(t_0)|}{\gamma_1 Y_0(t_0)}. \quad (12)$$

Эксперимент и пример расчета коэффициентов

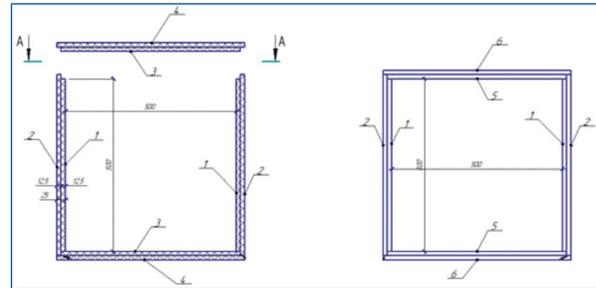


Рис. 1. Схема камер из листов Изоплат

Из листов древесной хвойной массы с добавлением парафина, материал Изоплат (см. <http://fibreboard.skano.com/>), с высокой паропроницаемостью, были изготовлены две идентичных камеры размером 500×500 мм. Стенки камер толщиной 25 мм состоят из листов толщиной 12,5 мм в два слоя. Для одной из камер, в стенки между листами, помещен пароиоляционный материал АРМОФОЛ. Схематический чертеж камер представлен на рис. 1.

Коэффициент теплопроводности материала Изоплат, $\lambda, \leq 0,049$ [Вт/м·°С].

Проницаемость для водяного пара материала Изоплат, $\geq 1,5 \cdot 10^{-9}$ [кг/м²·с·Па].

Поскольку АРМОФОЛ расположен вплотную между стенками, то, с точки зрения теплопереноса, отличий в теплотехнических характеристиках стенок камер не было. В силу сравнительно малой толщины, всего 0,09 мм, теплопроводностью материала АРМОФОЛ можно пренебречь.

Для нагрева воздуха в каждую камеру был помещен электрический нагревательный элемент одинаковой мощности и мерные стаканы, наполненные водой — для первого эксперимента, для второго — без воды. Мощность нагревательных элементов 42,7 Вт.

Для измерений и подсчета энергии, затраченной на нагрев, были использованы счетчики, с возможностью передачи данных на персональный компьютер. С целью создания однородной температурной среды внутри камер были установлены воздушные вентиляторы малой мощности.

Регистрация показаний температур и влажности воздуха внутри и вне каждой камеры производилась при помощи датчиков (преобразователей) влажности и температуры воздуха.

Для проведения эксперимента было выбрано помещение с постоянной температурой воздуха 25 °С и относительной влажностью 25%.

Ход эксперимента

После включения нагревателей и вывода камер на «стационарный режим» — с температурой воздуха внутри 60 °С, нагрев был прерван путем отключения нагревательных элементов. С пренебрежимо малым запаздыванием температуры воздуха внутри обеих камер стали снижаться с разной интенсивностью — быстрее в камере №1 (без пароиоляции), медленнее в камере №2 (с пароиоляцией).

График изменения температур и влажности воздуха внутри и вне камер, в ходе экспериментов, представлен на рис. 2, 3.

Пересчет относительной влажности в парциальное давление водяного пара.

Так как прибор, измеряющий влажность, регистрирует отношение в процентах текущего парциального давления водяного пара e к тому парциальному давлению $E(T)$, для которого при температуре T и атмосферном давлении происходит конденсация водяных паров, то для расчета $e(t)$ необходимо текущие показания прибора умножить на величину $E(T(t))$, взятую из справочника, и разделить на 100.

Анализ результатов

Для первого эксперимента

Значения температур и парциальных давлений в момент отключения нагревателей:

для первой камеры $T_{11+}^s = 59^\circ\text{C}$, $e_{11+}^s = 1181$ Па, $E_{11+}^s = 11816$ Па;

для второй камеры:

$T_{12+}^s = 63^\circ\text{C}$, $e_{12+}^s = 2646$ Па, $E_{12+}^s = 13229$ Па;

для окружающей среды:

$T_{10-}^s = 27^\circ\text{C}$, $e_{10-}^s = 1119$ Па, $E_{10-}^s = 3498$ Па.

Здесь числа в индексах соответствуют номеру эксперимента (1), номеру камеры (1,2) или окружающей среды (0).

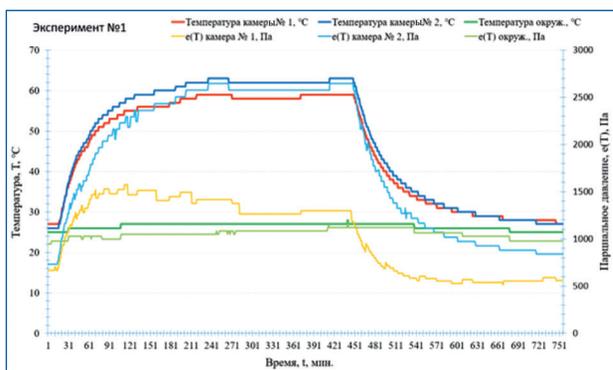


Рис. 2. График изменения температуры и влажности воздуха внутри камер в ходе первого эксперимента (с использованием увлажнения)

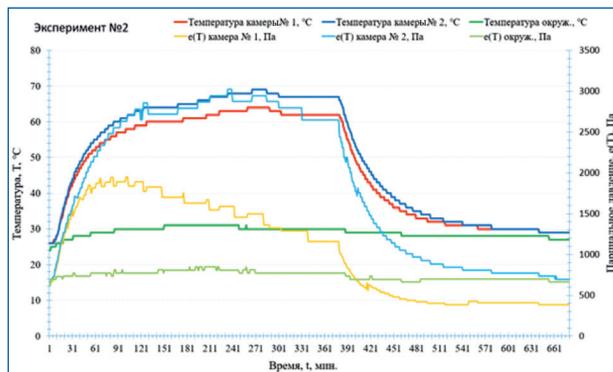


Рис. 3. График изменения температуры и влажности воздуха внутри камер в ходе второго эксперимента (без использования увлажнения)

Скорость изменения температуры воздуха в камерах сразу после отключения нагревателей составила $0,5^\circ\text{C}/\text{мин} = 0,0083^\circ\text{C}/\text{сек}$.

Для каждой камеры вычислим S площади $\Delta T = T_+ - T_-$ под кривыми температуры (от момента отключения нагревателей до остывания) по формуле трапеций:

$$S = \Delta t (\sum_1^N \Delta T_i + \Delta T_0/2) \quad (13)$$

$$S_{t11} = 2216^\circ\text{C} \cdot \text{мин}; \quad S_{t12} = 2445^\circ\text{C} \cdot \text{мин},$$

а также найдем площади под кривыми парциальных давлений

$\Delta e = e_- - e_+$ (от момента отключения нагревателей до остывания) по формуле трапеций:

$$S = \Delta t (\sum_1^N \Delta e_i + \Delta e_0/2) \quad (14)$$

$$S_{e11} = 28891 \text{ Па} \cdot \text{мин}; \quad S_{e12} = 100262 \text{ Па} \cdot \text{мин}.$$

Для второго эксперимента

Значения температур и парциальных давлений в момент отключения нагревателей:

для первой камеры:

$T_{21+}^s = 62^\circ\text{C}$, $e_{21+}^s = 1158$ Па, $E_{21+}^s = 12868$ Па;

для второй камеры:

$T_{22+}^s = 67^\circ\text{C}$, $e_{22+}^s = 2650$ Па, $E_{22+}^s = 14725$ Па;

для окружающей среды:

$T_{20-}^s = 30^\circ\text{C}$, $e_{20-}^s = 769$ Па, $E_{20-}^s = 4052$ Па.

Для каждой камеры вычислим площади S под кривыми температуры $\Delta T = T_+ - T_-$ (от момента отключения нагревателей до остывания) по формуле трапеций (13):

$$S_{t21} = 1980^\circ\text{C} \cdot \text{мин}; \quad S_{t22} = 2384^\circ\text{C} \cdot \text{мин},$$

а также найдем площади под кривыми парциальных давлений $\Delta e = e_- - e_+$ (от момента отключения нагревателей до остывания) по формуле трапеций (14):

$$S_{e21} = 26771 \text{ Па} \cdot \text{мин}; \quad S_{e22} = 103045 \text{ Па} \cdot \text{мин}.$$

Расчет коэффициентов

Найдем коэффициент теплопередачи стенки α_1 по формуле (5) для второй камеры (при отсутствии массопереноса):

$$\alpha_1 = \frac{W}{\Delta T} = \frac{80 \text{ В}^2/150 \text{ Ом}}{36^\circ\text{C}} = 1,185 \text{ Вт}/^\circ\text{C}.$$

Из уравнения (6) найдем коэффициент β_1 по формуле (7) для первой камеры:

$$\beta_1 = \frac{80 \text{ В}^2/150 \text{ Ом} - 1,185 \text{ Вт}/^\circ\text{C} (62^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C})}{1158 \text{ Па} - 769 \text{ Па}} = 0,012 \text{ Вт}/\text{Па}.$$

Найдем отношение коэффициентов γ_1 и δ_1 по формуле (8):

$$\frac{\delta_1}{\gamma_1} = \frac{1158 \text{ Па} - 769 \text{ Па}}{62^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C}} = 12,15 \text{ Па}/^\circ\text{C}$$

Из формулы определим значения X_0, Y_0 :

$$X_0 = 62^\circ\text{C} - 30^\circ\text{C} = 32^\circ\text{C},$$

$$Y_0 = 1158 \text{ Па} - 769 \text{ Па} = 389 \text{ Па}.$$

По уравнению (12) вычислим Q :

$$Q = 1,185 \text{ Па}/^\circ\text{C} \frac{1980 - 60^\circ\text{C} \cdot \text{сек}}{32^\circ\text{C}} = 4399 \text{ Па} \cdot \text{сек}/^\circ\text{C} = 4399 \text{ Дж}.$$

По формуле (12) определим отношения перекрестного потока к основному H_T, H_e для $t = 5, 10, 20, 40$ минут от момента выключения нагревателя:

при $X_0(t_5) = 31^\circ\text{C}, Y_0(t_5) = 618 \text{ Па}$

$$H_T(t_5) = \frac{0,012 \text{ Вт}/\text{Па} \cdot 618 \text{ Па}}{1,185 \text{ Вт}/^\circ\text{C} \cdot 31^\circ\text{C}} = 0,202 \cdot 100\% = 20,2\%$$

$$H_e(t_5) = \frac{|12,15 \text{ Па}/^\circ\text{C} \cdot 31^\circ\text{C}|}{618 \text{ Па}} = 0,609 \cdot 100\% = 60,9\%,$$

при $X_0(t_{10}) = 27^\circ\text{C}, Y_0(t_{10}) = 509 \text{ Па}$

$$H_T(t_{10}) = \frac{0,012 \text{ Вт}/\text{Па} \cdot 509 \text{ Па}}{1,185 \text{ Вт}/^\circ\text{C} \cdot 27^\circ\text{C}} = 0,175 \cdot 100\% = 17,5\%$$

$$H_e(t_{10}) = \frac{|12,15 \text{ Па}/^\circ\text{C} \cdot 27^\circ\text{C}|}{509 \text{ Па}} = 0,663 \cdot 100\% = 66,3\%.$$

при $X_0(t_{20}) = 22^\circ\text{C}, Y_0(t_{20}) = 356 \text{ Па}$

$$H_T(t_{20}) = \frac{0,012 \text{ Вт/Па } 356 \text{ Па}}{1,185 \text{ Вт/}^\circ\text{C } 22 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,163 \cdot 100\% = 16,3\%$$

$$H_e(t_{20}) = \frac{|12,15 \text{ Па/}^\circ\text{C } 22 \text{ }^\circ\text{C}|}{356 \text{ Па}} = 0,75 \cdot 100\% = 75\%.$$

при $X_0(t_{40}) = 14 \text{ }^\circ\text{C}$, $Y_0(t_{40}) = 177 \text{ Па}$

$$H_T(t_{40}) = \frac{0,012 \text{ Вт/Па } 177 \text{ Па}}{1,185 \text{ Па/}^\circ\text{C } 14 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,128 \cdot 100\% = 12,8\%$$

$$H_e(t_{40}) = \frac{|12,15 \text{ Па/}^\circ\text{C } 14 \text{ }^\circ\text{C}|}{177 \text{ Па}} = 0,961 \cdot 100\% = 96,1\%.$$

Заключение

Несмотря на приближенный характер проведенных экспериментов, они показывают, что для пористых материалов строительных ограждений, не содержащих влагонепроницаемых прослоек, поток, возникающий в силу перекрестного влияния градиентов температуры и влажности, может составлять порядка 15% от основного потока по теплу и значитель-

но большую долю по влажности. Неучет этого фактора влияет на расчетное положение точки влагоконденсации внутри ограждения и на оценку тепловых потерь.

Использование влагонепроницаемого слоя так, чтобы внутри ограждения не возникало влагоконденсации, позволяет увеличить эффективное тепловое сопротивление пористой стенки на 10-15%.

Литература.

1. Новиков И.И. Термодинамика. М.: Машиностроение. 1984.
2. F.-Bosnjacovic. Technische Thermodynamik. Vol.1, Steinkopf, Dresden -- Leipzig, 1953.
3. Диткин В. А., Прудников А.П. Интегральные преобразования и операционное исчисление. М.: Наука, 1974.
4. Деч Г. Руководство к практическому применению преобразования Лапласа и Z преобразования. М.: Наука, 1971.

Literature.

1. Novikov, I. I. Thermodynamics. M.: Engineering. 1984.
2. F.-Bosnjacovic. Technische Thermodynamik. Vol.1, Steinkopf, Dresden -- Leipzig, 1953.
3. Ditkin V. A., Prudnikov A. P. Integral transformations and operational calculus. M.: Science, 1974.
4. Dech G. a Guide to the practical application of the Laplace transform and Z transform. M.: Science, 1971.

УДК 69

Развитие деревянных конструкций рам и арок

В. В. Веселов, канд. техн. наук, доц.;
В.В. Егоров, докт. техн. наук, проф.

Федеральное Государственной бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
Юго-Западный государственный университет
(ФГБОУ ВО ЮЗГУ)

Аннотация. В статье приводится анализ недостатков конструктивных решений применяемых деревянных рам и арок, предлагаются рациональные решения узлов примыкания элементов, позволяющие снизить материалоемкость и повысить надежность деревянных рам и арок.

Ключевые слова: деревянные конструкции, рамы, арки, узлы примыкания, материалоемкость, надежность.

Development of wood frames and arches

V.V. Veselov, Cand. of tech. sciences, Assoc. prof.;
V.V. Egorov, Doctor of tech. sciences, prof.

Federal State-Funded Educational Institution of Higher
Professional Education «South-West State University»

Abstract. This article gives an analysis of the drawbacks structural solutions applied wooden frames and arches, offers a rational decision nodes of an adjunction of elements that reduce material consumption and improve the reliability of wooden frames and arches.

Key words: wooden constructions, frames, arches, nodes of an adjunction, material requirements, reliability.

Методы. Исследование производилось с применением программно-вычислительного комплекса SCAD, основанного на методе конечных элементов. Проведены теоретические исследования напряженно-деформированного состояния элементов клеендеревянных трехшарнирных рам и арок с железобетонными вставками на основе результатов автоматизированного и ручного расчета в соответствии с действующими нормами.

Постановка задач исследования. В настоящее время деревянные конструкции находят все большее применение в несущих конструкциях общественных и производственных зданий. В частности, древесину активно используют в балочных, рамных и арочных конструкциях средних и больших пролетов [1], в том числе модульного типа [2], что связано с рядом преимуществ деревянных конструкций: легкость, простота обработки, экологичность, эстетичность и так далее.

Проблема долговечности древесины, связанная с гниением и пожароопасностью, в последнее время решается достаточно эффективно применением современных защитных пропиток и покрытий. Неизотропность древесины, наличие природных дефектов также могут быть снижены, в частности, за счет использования клееных деревянных конструкций [3]. Поэтому, учитывая существенные запасы древесины в стране, применение деревянных конструкций имеет перспективу.

В статье предлагаются конструктивные усовершенствования деревянных арок и рам, позволяющие снизить их материалоемкость, трудоемкость изготовления, а также повысить долговечность и надежность. Для этого, в частности, могут быть использованы комбинированные деревянные конструкции с применением железобетонных вставок и секций.

В деревянных каркасах общественных и производственных зданий находят широкое применение клееные рамные и арочные конструкции,

выполненные в большинстве случаев по трехшарнирной статической схеме, что обусловлено простотой их изготовления, монтажа и высокой надежностью.

Традиционная трехшарнирная клееная деревянная рама состоит из стоек и ригеля, как правило, с переменными высотами поперечных сечений, а карнизные узлы рамы выполняются с применением стыка на зубчатый шип [4], в виде пятиугольных вставок из клееной древесины, размещенных между ригелями и стойками рамы [5] и т.п. Принципиальный недостаток традиционных рам состоит в том, что карнизные стыки располагаются в местах наибольших изгибающих моментов, возникающих в рамах под нагрузкой. Трехшарнирная клееная деревянная арка состоит из двух полуарок, объединенных шарнирно в коньке и шарнирно опирающихся на фундаменты, включающая также стальную затяжку, объединяющую опорные узлы арки и расположенную под уровнем чистого пола перекрываемого помещения [4]. Недостатком такого конструктивного решения является ограниченная эксплуатационная надежность и долговечность деревянной конструкции, что обусловлено расположением приопорных участков арки под уровнем чистого пола перекрываемого помещения и, соответственно, возможностью замачивания древесины грунтовой и бытовой влагой, что создает условия для поражения древесины гнилостными микроорганизмами.

Практическое применение и результаты: Конструкция карнизного узла традиционной деревянной рамы может быть усовершенствована, если, например, этот узел выполнить в виде железобетонной вставки со штырями, входящими в шпury деревянных элементов ригелей и стоек (рис. 1, 2). Данное конструктивное усовершенствование защищено патентным решением [6].