

**НАУЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ПО ИЗМЕРЕНИЮ ПЛОТНОСТИ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ
ЧЕРЕЗ ОКОННЫЙ БЛОК В МОБИЛЬНОМ ПРИЛОЖЕНИИ «ДОМ-ЭКСПЕРТ»****Т. В. Золина, Н. В. Купчикова, К. Е. Джантазаева, Е. Е. Купчиков**

Золина Татьяна Владимировна, доктор технических наук, профессор кафедры промышленного и гражданского строительства, ректор, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, e-mail: buildinist@mail.ru;

Купчикова Наталья Викторовна, кандидат технических наук, доцент, проректор по научной работе и международной деятельности, заведующая кафедрой экспертизы, эксплуатации и управления недвижимостью, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация, e-mail: kupchikova79@mail.ru;

Джантазаева Карина Евгеньевна, студентка, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация;

Купчиков Евгений Евгеньевич, студент, Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, г. Астрахань, Российская Федерация

На кафедре экспертизы, эксплуатации и управления недвижимостью АГАСУ накоплен значительный практический опыт в сфере технических экспертиз при эксплуатации зданий и сооружений с применением приборов разрушающего и неразрушающего контроля, при этом возникла необходимость в усовершенствовании навыков работы эксперта, сокращении времени на часто повторяющиеся трудовые движения и вычисления. Результаты исследования нашли своё отражение в разработке мобильного приложения «ДОМ-ЭКСПЕРТ» на платформе Xamarin (язык программирования – СИ-Шарп). Показано научное обоснование измерения плотности тепловых потоков, проходящих через оконный блок для формирования базы данных утилиты «Оконные и дверные проёмы» в мобильном приложении.

Ключевые слова: мобильное приложение, экспертиза зданий и сооружений, база данных, утилита «Оконные и дверные проёмы».

**SCIENTIFIC SUBSTANTIATION OF THE DATABASE FOR MEASURING THE DENSITY OF HEAT FLOWS
THROUGH A WINDOW BLOCK IN THE MOBILE APPLICATION "HOUSE-EXPERT"****T. V. Zolina, N. V. Kupchikova, K. Ye. Dzhantazayeva, Ye. Ye. Kupchikov**

Zolina Tatyana Vladimirovna, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Rector, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, e-mail: buildinist@mail.ru;

Kupchikova Natalya Viktorovna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Vice-Rector for Research and International Affairs, Head of the Department of Expertise, Operation and Management of Real Estate, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation, e-mail: kupchikova79@mail.ru;

Dzhantazayeva Karina Yevgenyevna, student, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation;

Kupchikov Yevgeniy Yevgenyevich, student, Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, Russian Federation

The Department of Expertise, Operation and Management of Real Estate of ASASU has accumulated considerable practical experience in the field of technical expertise in the operation of buildings and structures using destructive and non-destructive testing devices, as a result of which there was a need to improve the skills of the expert, reduce the time for frequently repeated labor movements and calculations. The results of the work were reflected in the development of the mobile application "DOM-EXPERT" on the Xamarin platform, the C-Sharp programming language. The scientific justification of measuring the density of heat flows passing through the window block for the formation of the database of the utility "window and door openings" in a mobile application is shown.

Keywords: mobile application, examination of buildings and structures, database, utility «window and door openings».

Сфера разработки мобильных приложений имеет уникальные маркетинговые возможности и нацелена на оказание помощи профессиональному бизнесу и простому обывателю в различных отраслях деятельности.

На кафедре экспертизы, эксплуатации и управления недвижимостью (ЭЭиУН) Астраханского государственного архитектурно-строительного университета накоплен значительный практический опыт в сфере технических экспертиз при эксплуатации зданий и сооружений с применением приборов разрушающего и неразрушающего контроля. При этом возникла необходимость в усовершенствовании навыков работы эксперта, сокращении времени на часто повторяющиеся трудовые дви-

жения и вычисления. Нередко деятельность эксперта сопряжена с использованием на объекте большого количества нормативных показателей, выполнением вычислений и связана с существенными рисками, поскольку специалисту придется работать на значительной высоте на подъёмнике, кровле и в подземном сооружении вместе с движущимися объектами (рис. 1). На интеллектуально-аналитическую работу может не быть ни места, ни времени, ни возможностей. Не представляется возможным постоянно возвращаться из офиса, чтобы повторить определённые действия на объекте. Однако у эксперта всегда под рукой мобильный телефон с хорошей камерой для фиксации. Появляющиеся мобильные приложения упрощают работу специалистам.

Аналитика мобильных приложений выявила целевую аудиторию и пути оптимизации показателей эффективности мобильного приложения. Данное направление работ достаточно широко представлено в таких крупных компаниях, как Google, Apple, Tencent, Alibaba и др. Анализ топовых приложений показывает их активное использование потребителями экспертного строительного рынка.

РАБОТА ЭКСПЕРТОВ В ПЫЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ И ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ



Рис. 1. Фотофиксация проведения экспертных строительных работ

В 2019 г. специалисты АГАСУ начали разрабатывать мобильное приложение. Сегодня инженеры-эксперты могут применять его в достаточно широких областях своей сферы деятельности: техническом обследовании зданий и сооружений; строительной экспертизе объектов недвижимости; судебной строительной, оценочно-стоимостной экспертизах; капитальном, текущем ремонте; реконструкции, модернизации, экспертизе геоподосновы, оснований и фундаментов. Кроме того, они могут отмечать региональные особенности учёта и оценки деформаций эксплуатируемых оснований и фундаментов.

Разработано мобильное приложение «Дом-эксперт» на платформе Xamarin (язык программирования – СИ-Шарп). При этом использовались

такие элементы управления, как метка, текстовое поле, кнопка (рис. 2).

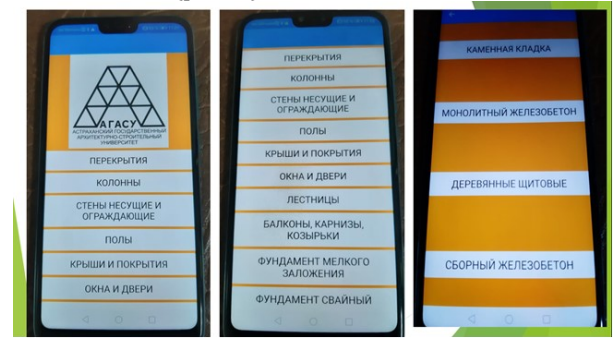


Рис. 2. Общий вид снимков с экрана системы Android

Команда кафедры ЭЭИУН «Юные эксперты в строительстве», которая состоит из ребят в возрасте 8–15-ти лет, также использовала данные элементы в работе над проектом. Молодая команда вместе с тьюторами изучила основы Android Development for Beginners [от Google] от Udacity и The Complete Android Oreo Developer Course от Udemy.

После запуска программы на второй утилите (рис. 2) можно увидеть перечень основных строительных конструкций здания: перекрытия, колонны, стены несущие и ограждающие, полы, крыши и покрытия, окна и двери, лестницы, балконы, карнизы, козырьки, фундамент мелкого заложения, свайный фундамент. В работах [1, 2] уже был представлен пример для несущих и ограждающих стен при определении перепадов температур между поверхностями стен, потолка, пола и расчетными параметрами по сводам правил при возникновении конденсата для формирования базы данных утилиты «Стены несущие и ограждающие» (рис. 3).

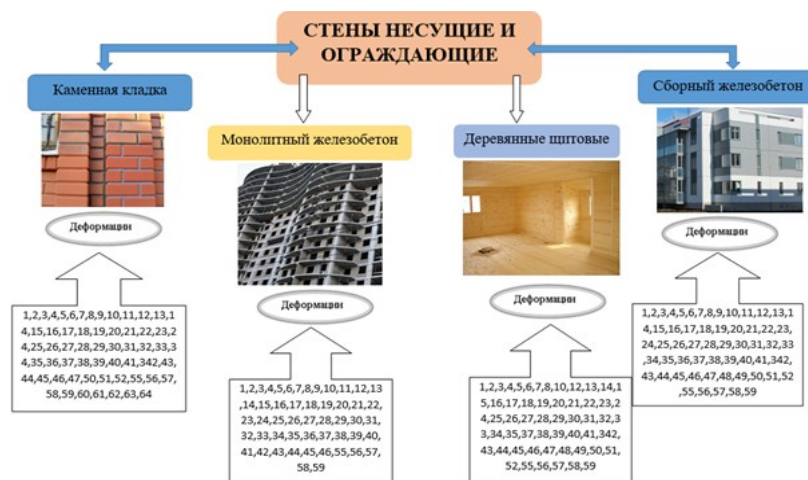


Рис. 3. Алгоритм определения типа деформаций в приложении для стен несущих и ограждающих

Для формирования базы данных в мобильном приложении утилиты «Оконные и дверные проёмы» были проведены экспериментальные исследования по измерению плотности тепловых потоков, проходящих через оконный блок.

Измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции, производятся в соответствии с ГОСТ 25380-14 «Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции».

Метод измерения плотности теплового потока основан на определении перепада температуры на стеклянной поверхности, устанавливаемой в ограждающей конструкции здания. Этот температурный перепад, пропорциональный в направлении теплового потока его плотности, преобразуется в термоэлектродвижущую силу (термо-ЭДС) батареей термопар. Они расположены в «дополнительной стенке» параллельно по тепловому потоку и соединены последовательно по генерируемому сигналу. «Дополнительная стенка» (пластинка) и батарея термопар образуют преобразователь теплового потока.

Плотность теплового потока отсчитывается по шкале специализированного прибора ИТП-МГ 4.03 «Поток», в состав которого входит преобразователь теплового потока, или рассчитывается по результатам измерения термо-ЭДС на предварительно откалиброванных преобразователях теплового потока.

Измерения плотности теплового потока позволяют оценить расход тепла через ограждающие конструкции и определить теплотехнические качества ограждающих конструкций зданий и сооружений [3, 4].

Преимущества данного метода заключаются в простоте эксперимента и малых временных затратах, поэтому проведение измерения плотности теплового потока и совместный анализ результатов является актуальным направлением научной и практической деятельности.

Проведен эксперимент по исследованию теплового потока с помощью прибора ИТП-МГ 4.03 «Поток» в 10 корпусе АГАСУ по адресу: ул. Татищева, 18Б. В качестве объекта исследования было выбрано двухстёкольное окно деревянного типа.

Прибор ИТП-МГ4.03/Х(III) «Поток» (где Х – общее количество измерительных каналов) предназначен для измерения плотности тепловых потоков, проходящих через однослойные и многослойные ограждающие конструкции зданий и сооружений по ГОСТ 25380-14, через облицовку и теплоизоляцию энергообъектов при экспериментальном исследовании и в условиях эксплуатации (рис. 4, 5).



Рис. 4. Прибор ИТП-МГ4.03/Х(III) «Поток»

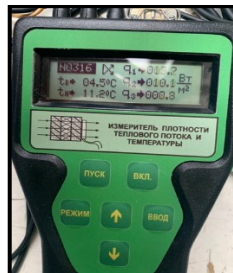
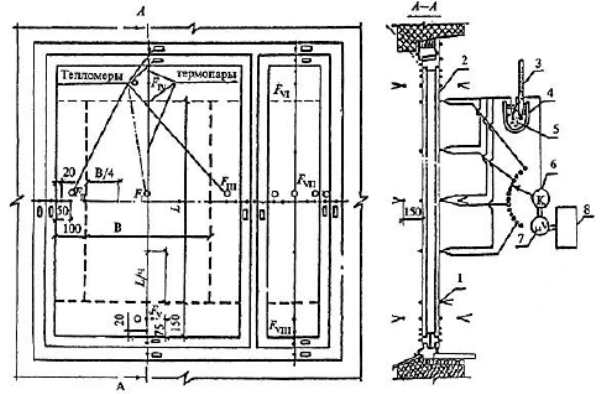


Рис. 5. Показания прибора ИТП-МГ4.03/Х(III) «Поток»

Датчики температуры прибора при помощи термопасты были установлены с наружной стороны оконного блока. Преобразователь теплового потока закрепляется с обратной стороны.

Образующийся на этой «вспомогательной стенке» температурный перепад пропорционален в направлении теплового потока его плотности.

Перепад температуры преобразуется в электродвижущую силу батарей термопар, которые располагаются на «вспомогательной стенке», ориентированы параллельно по тепловому потоку и соединены последовательно по генерируемому сигналу. В совокупности «вспомогательная стенка» и батарея термопар составляют измерительный преобразователь для определения плотности теплового потока (рис. 6–8).



1 - рабочий спай термодатчика; 2 - испытываемый образец; 3 - термометр; 4 - сосуд Дьюара; 5 - холодный спай; 6 - многоточечный переключатель; 7 - микровольтметр; 8 - блок обработки и регистрации данных;

$F_I - F_{VIII}$ - термические однородные зоны

Рис. 6. Схема размещения термопар и тепломеров на оконном блоке



Рис. 7. Настройка прибора

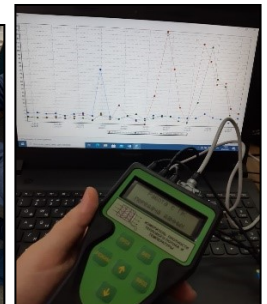


Рис. 8. Передача измерений на ПК

Тепловой поток, проходящий через датчик, создает в нем градиент температур и соответствующий термоэлектрический сигнал. Плотность теплового потока (q) вычисляется по формуле:

$$q = K \cdot E, \quad (1)$$

где q – плотность теплового потока, Вт/м²; K – коэффициент преобразования, Вт/(м² · мВ); E – величина термоэлектрического сигнала, мВ.

В качестве датчиков температуры применяются платиновые термоматчики сопротивления, заключенные в металлический герметичный корпус. С помощью данных датчиков осуществляется измерение поверхностных температур объемных твердых тел путем их закрепления (наклеивания) на исследуемые поверхности, а также определение температуры воздуха и сыпучих сред посредством погружения в среду.

Электронный блок включает в себя схемы измерения и регистрации теплового потока, температуры и отображения результатов измерений на дисплее.

По окончании исследования прибор подключается к компьютеру или переносному ноутбуку для передачи результатов измерения.

В результате использования программного обеспечения для прибора, неразрушающего «ИТП-МГ4 ПОТОК», были получены графики (рис. 9–13).

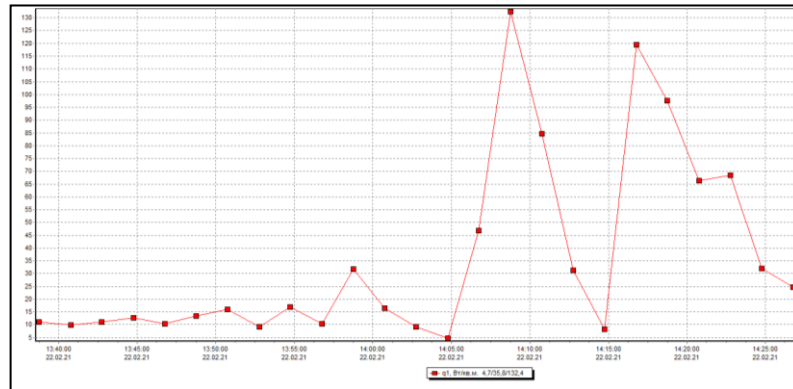


Рис. 9. График плотности теплового потока до закрепления преобразователя

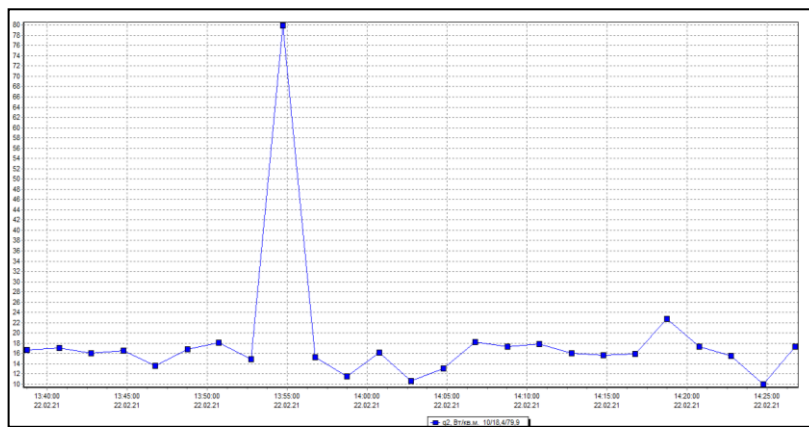


Рис. 10. График плотности теплового потока после закрепления преобразователя

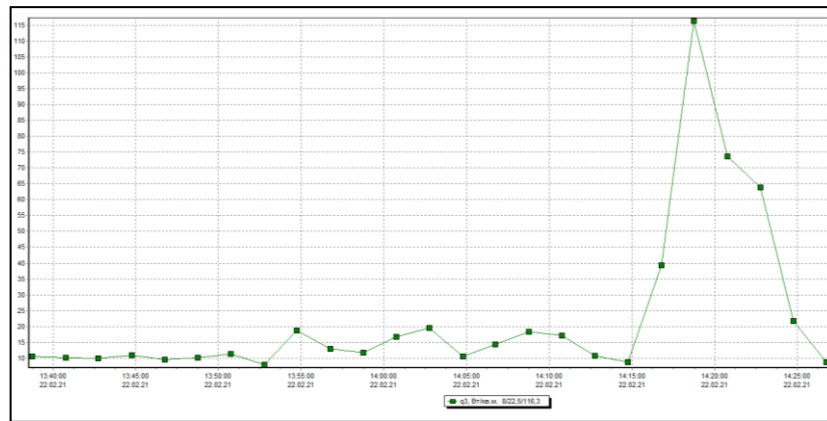


Рис. 11. График плотности потока с применением защиты

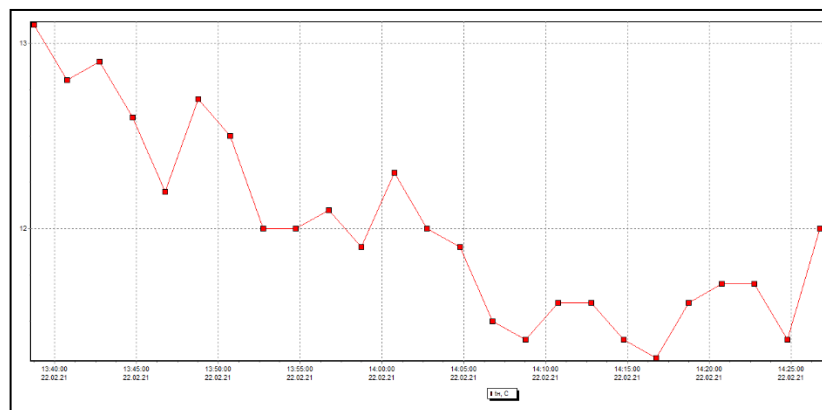


Рис. 12. Температура наружного воздуха напротив преобразователя

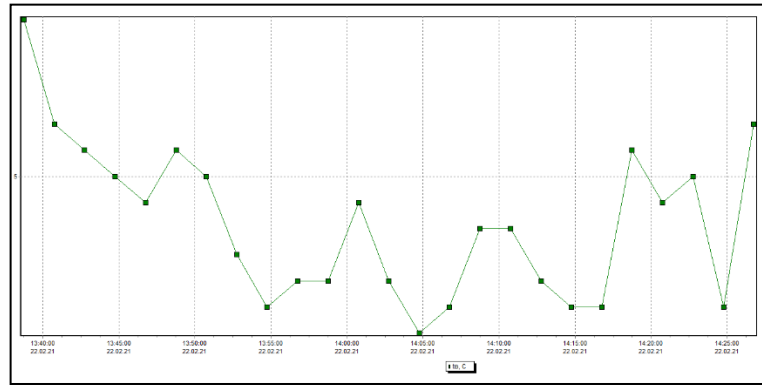


Рис. 13. Температура поверхности на участке измерения преобразователя теплового потока

Измерения выполняются при стационарном состоянии системы. Оно считается достигнутым, если при пяти последовательно выполненных с интервалом в 5 мин измерениях отклонение показаний для каждого из датчиков от его среднего значения не превышает 5 %. Показания датчиков в мкВ заносят в протокол и вычисляют средние значения из пяти измерений. Умножив эти средние значения показаний тепломеров на их чувствительность (в единицах мкВ/(Вт/м²)), определяют значения тепловых потоков в единицах Вт/м². При измерениях суммарного сопротивления теплопередаче ОК разность температур по показаниям дифференциальной термопары вычисляют следующим образом: при температуре воздуха в помещении Т_в, измеренной с помощью термометра, по градуировочной характеристике термопары определяют термо-ЭДС E₁ в мкВ. От этой величины отнимают среднюю величину показания дифференциальной термопары ΔE в мкВ по полученному значению E₂ = E₁ - ΔE в мкВ, с помощью градуировки определяют температуру наружного воздуха Т_н в Кельвинах. Искомая разность температур ΔT = Т_в - Т_н в Кельвинах.

При измерениях сопротивления теплопередаче собственно конструкции R_к используется значение чувствительности (ΔE/ΔT)_{ср} из градуировочной характеристики термопары при средней температуре Т_{ср} = 0,5 (Т_в + Т_н). Разность температур между противоположными поверхностями ОК определяется как ΔT = (ΔE/ΔT)_{ср} · Т_{ср}.

Температуру находят по величине измерений ЭДС (E_i), суммированной с ЭДС табличной (E_{то}) для данной комнатной температуры: E = E_i + E_{то}. Если в помещении 20 °С, то для термопары медь – констант значение E_{то} = 0,790 мВ, E_i = 2,119 мВ. ЭДС по таблицам равна E = 2,119 + 0,790 = 2,909 (мВ).

Измерение сопротивления теплопередаче окна:

$$k = \frac{F_2}{F_1 + F_2} = \frac{1,05}{1,89 + 1,05} = 0,357,$$

где F₁ – площадь прозрачной зоны окна, F₂ – площадь непрозрачной зоны окна (площадь рам и переплетов).

Исходные данные с показателями измерений представлены в таблице 1, обработка результатов измерений – в таблице 2.

Таблица 1

Время измерений	Показания датчиков				
	Температура воздуха в помещении (показания термометра), Т _в	Показания дифференциальной термопары, ΔE	Показания первого тепломера, q ₁	Показания второго тепломера, q ₂	Показания третьего тепломера, q ₃
Час, мин	°С	мВ	мВ	мВ	мВ
13-40	+20,0	2,909	9,8	17,1	10,1
13-46	+20,0	2,909	10,04	13,6	9,5
13-50	+20,0	2,909	16,1	18,1	11,4
13-56	+20,0	2,909	10,3	15,3	12,9
14-00	+20,0	2,909	16,5	16,2	16,8
Средние значения	+20,0	ΔE = 2,909	q _{1ch} = 12,62	q _{2ch} = 16,06	q _{3ch} = 12,14
			q _{ср} = (1/2)(q _{1ch} + q _{2ch}) = 14,34		

Таблица 2

Обработка результатов измерений						
Термоэдс спая диф. термопары в помещении (определяется по градуировке), E ₁	Термо-ЭДС спая диф. термопары в наружном воздухе, E ₂ = E ₁ - ΔE	Температура наружного воздуха (определяется по градуировке), Т _н	Разность температур внутреннего и наружного воздуха, ΔT = Т _в - Т _н	Чувствительность тепломеров, E _{теп}	Среднее значение показаний тепломеров, q = q _{ср} / E _{теп}	Суммарное сопротивление теплопередаче стены, R _с = 1 / ((1-k)/R ₁ + k/R ₂)
мВ	мВ	°С	°С	мВ/(Вт/м ²)	Вт/м ²	м ² К/Вт
0,82141	-2,08759	-4	24	0,304	q _н = q _{ср} / E _{теп} = 47,17 q _н = q _{ср} / E _{теп} = 39,93	R ₁ = ΔT / q _н = 0,509 R ₂ = ΔT / q _н = 0,601 R _с = 1 / ((1-k)/R ₁ + k/R ₂) = 0,529

Таблица 3

**Градуировка медь –
константановой термопары
соответствует ГОСТ 26602.1-99**

Температура, °С	Е, мВ	ΔЕ/ΔТ, мВ/К	Температура, °С	Е, мВ	ΔЕ/ΔТ, мВ/К
-25	-0,87799	0,03342	1	0,03664	0,03663
-24	-0,84449	0,03358	2	0,07332	0,03672
-23	-0,81083	0,03373	3	0,11008	0,03681
-22	-0,77702	0,03389	4	0,14693	0,03689
-21	-0,74306	0,03403	5	0,18386	0,03697
-20	-0,70896	0,03418	6	0,22086	0,03704
-19	-0,67470	0,03432	7	0,25795	0,03712
-18	-0,64031	0,03446	8	0,29510	0,03719
-17	-0,60578	0,03460	9	0,33233	0,03726
-16	-0,57111	0,03474	10	0,36962	0,03732
-15	-0,53630	0,03487	11	0,40697	0,03739
-14	-0,50136	0,03500	12	0,44439	0,03745
-13	-0,46630	0,03513	13	0,48187	0,03751
-12	-0,43111	0,03525	14	0,51941	0,03756
-11	-0,39579	0,03538	15	0,55700	0,03762
-10	-0,36036	0,03549	16	0,59464	0,03767
-9	-0,32480	0,03561	17	0,63233	0,03771
-8	-0,28914	0,03573	18	0,67006	0,03776
-7	-0,25335	0,03584	19	0,70784	0,03780
-6	-0,21746	0,03595	20	0,74566	0,03784
-5	-0,18146	0,03605	21	0,78352	0,03788
-4	-0,14536	0,03616	22	0,82141	0,03791
-3	-0,10915	0,03626	23	0,85934	0,03794
-2	-0,07284	0,03635	24	0,89730	0,03797
-1	-0,03644	0,03645	25	0,93528	0,03800
0	5,50117	0,03654			

Суммарное сопротивление теплопередаче оконного блока:

$$R_c = 0,529 \text{ м}^2\text{К/Вт.}$$

Погрешность измерений для светопрозрачной зоны:

$$\delta R_1 = 4,2 \%,$$

а для непрозрачной зоны рассчитана по формулам:

$$\delta R_c = \delta R_r = \pm 7 + \frac{8(20-q)}{15} [\%],$$

$$\delta R_2 = \pm 7 + \frac{8(20-39,93)}{15} = 8,33 [\%],$$

$$\delta R = \pm 100 * R * \left[\frac{(1-k)\delta R_1}{R_1} + \frac{k\delta R_2}{R_2} \right] [\%],$$

$$\delta R_c = \pm 100 * 0,529 * \left[\frac{(1-0,357)*0,07}{0,509} + \frac{0,255*0,0833}{0,601} \right] = 4,2 [\%].$$

Градуирование термопары заключается в установлении зависимости величины термоэлектродвижущей силы от разницы температур спаев термопары.

Список литературы

1. Купчиков Е. Е. Реализация проекта разработки мобильного приложения «Дом-эксперт» на площадке стратегических инициатив / Е. Е. Купчиков, К. Е. Джантазаева // Инновационное развитие регионов: потенциал науки и современного образования : материалы III Национальной научно-практической конференции, Астрахань, 07 февраля 2020 года / под общ. ред. Т. В. Золиной. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 259–262.
2. Купчиков Е. Е. Разработка мобильного приложения «Дом-эксперт» / Е. Е. Купчиков, Н. В. Купчикова, О. И. Евдошенко // Перспективы развития строительного комплекса : материалы XIV Международной научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава, молодых ученых и студентов, Астрахань, 22–23 октября 2020 года. – Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. – С. 384–388.
3. Fedorov V. S. Computer simulation of composite beams dynamic behavior / V. S. Fedorov, V. N. Sidorov, E. S. Shepitko // Materials Science Forum. – 2019. – Vol. 974. – P. 687–692. DOI 10.4028/www.scientific.net/MSF.974.687.
4. Федоров В. С. Элементы теории расчета железобетонных составных конструкций / В. С. Федоров, Х. З. Баширов, В. И. Колчунов // Academia. Архитектура и строительство. – 2014. – № 2. – С. 116–118.
5. Биосферная совместимость. Технологии внедрения инноваций. Города, развивающие человека / В. А. Егорушкин, А. В. Городков, В. С. Федоров, В. Н. Азаров // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 10. – С. 71–72.

© Т. В. Золина, Н. В. Купчикова, К. Е. Джантазаева, Е. Е. Купчиков

Ссылка для цитирования:

Золина Т. В., Купчикова Н. В., Джантазаева К. Е., Купчиков Е. Е. Научное обоснование базы данных по измерению плотности тепловых потоков через оконный блок в мобильном приложении «Дом-эксперт» // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2022. № 1 (39). С. 95–100.