

## РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА СТЕНЫ

**В.А. Южаков**, канд. техн. наук, доцент

**В.А. Якимов**, студент

Филиал ДИНО государственного университета «Дубна»  
(Россия, г. Дмитров)

DOI:10.24412/2500-1000-2023-3-2-61-65

**Аннотация.** В статье рассматривается процесс создания строительного приложения, которое выполняет теплотехнический расчет стен. В рамках работы проводится небольшой обзор рынка строительных приложений, сред для их разработки, подбор подходящего языка программирования, анализ необходимой документации, для выполнения теплотехнического расчета. Предложен определенный алгоритм вычисления в написанной программе, который по введенным пользователем данным о регионе производит теплотехнический расчет стеновой конструкции. Приведены результаты, которые отражают работоспособность написанного приложения.

**Ключевые слова:** свод правил, стеновая конструкция, теплотехнический расчет, толщина утеплителя, сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, язык программирования, Python, модуль Tkinter.

Одной из самых больших проблем, стоящих перед строительной отраслью, является развитие и интеграция технологий. Использование приложений и программ, поможет в решении данной проблемы. Разработка специальных приложений позволяет автоматизировать большую часть процессов расчета и проектирования зданий.

Теплотехнические расчеты одни из самых сложных, требуют много времени и большой концентрации. Приложений для их выполнения достаточно мало, а большая их часть работает по устаревшим требованиям и нуждается в изменениях. Этим и обуславливается актуальности данной статьи.

Целью данной работы является разработка приложения, которое позволит выполнять теплотехнический расчет для стеновых конструкций.

В статье рассматривается выбор среды разработки, анализ необходимой документации, разработка простого кода, выполняющего расчет, создание графического дизайна, проверка работоспособности созданного приложения.

Особенностью разработанного приложения должны выступать следующие факторы: простота использования, интуитив-

но-понятный интерфейс, независимость от изменений нормативных значений.

Основное требования к любому строительному софту – это простота в использовании. То есть в программной оболочке не должна использоваться сложная строительная терминология, управление должно быть максимально простым, системная обработка готовой модели не должна длиться долго, в основе интерфейса должен присутствовать русский язык.

На рынке достаточно много строительных приложений. Очень большой популярностью пользуются приложения, которые позволяют визуализировать какие-то нагрузки на конструкции. Из таких популярных программ можно выделить: RTI, VALTEC.PRГ и другие. Все они рассчитаны на четкое применение математических формул из соответствующих СП (сводов правил.)

Для решения специальных задач, например, для проектирования отдельных узлов и элементов зданий успешно применяются конструкторские системы. Среди них – системы для проектирования несущих строительных конструкций – SCIA, Ing-CAD, Pit-Cup, HyperSteel, Комета.

Все вышеперечисленные приложения достаточно сложны для понимания рядового пользователя.

С этой точки зрения, реализуемую программу следует разработать в формате строительного калькулятора, с возможностью работать в офлайн режиме. В интернете можно найти похожие калькуляторы, но их минус в том, что при изменении нормативных документов, методов расчета, данных региона их редактирование требует значительного времени, чего иногда и вовсе не происходит. Разрабатываемая программа должна быть проста – все данные должны вводиться самим пользователем, чтобы иметь возможность при необходимости поменять их.

Выбор языка программирования очень важен, именно он диктует условия реализации программы, предвещая сложности в ее написании и функционировании. Существует огромное количество сред разработки, таких как: C++, Javascript, Python и др.

Самой популярной среди начинающих программистов средой разработки является Python. Среди плюсов следует выделить следующие факторы: хорошо подходит

для новичков; простой минималистичный синтаксис; большая стандартная библиотека; большое количество специальных библиотек сторонних разработчиков большой выбор фреймворков; поддерживает ООП; кроссплатформенность и главное, Python – бесплатный язык программирования.

Теплотехнический расчет выполняется по [1]. Последовательность: сначала необходимо узнать данные в вашем регионе строительства: средней температуры наружного воздуха  $t_{от}$ , продолжительность отопительного периода  $Z_{от}$  и расчетную температуру внутреннего воздуха здания  $t_{в}$ . Эти данные берутся из [2].

После чего вычисляются градусо-сутки отопительного периода (ГСОП) (1). Следом вычисляется требуемое значения приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции  $R_{тр}$  (2). Далее узнав требуемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции  $R_{тр}$ , мы приравниваем его к фактическому  $R_{ф}$  (3). Из данной формулы мы выражаем необходимую толщину нашего утеплителя  $\delta_y$  (4).

$$\text{ГСОП} = (t_{в} - t_{от}) * Z_{от}, \quad (1)$$

где  $t_{в}$  – расчетная температура внутреннего воздуха здания,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $t_{от}$  – средняя температура наружного воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;  
 $Z_{от}$  – продолжительность отопительного периода, сут.

$$R_{тр} = a * \text{ГСОП} + b, \quad (2)$$

где  $a$  и  $b$  – коэффициенты, значения которых следует принимать для соответствующих групп зданий из [1].

$$R_{тр} = R_{ф} = \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{exp}}, \quad (3)$$

где  $\alpha_{int}$  – коэффициент теплопередачи внутренней поверхности ограждающей конструкции, по умолчанию равный 8,7;

$\alpha_{exp}$  – коэффициент теплопередачи наружной поверхности ограждающей конструкции для условий холодного периода, по умолчанию равный 23;

$\delta_i$  – толщина слоя, м;

$\lambda_i$  – коэффициент теплопроводности материала, Вт/(м\* $^{\circ}\text{C}$ ).

$$\delta_y = [R_{ф} - \left( \frac{1}{\alpha_{int}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{exp}} \right)] \lambda_y, \quad (4)$$

где  $\delta_y$  – необходимая толщина утеплителя, м.

Разработка программы начинается графического интерфейса. Используется

встроенный в стандартную библиотеку Python'a GUI фреймворк – Tkinter. Интерфейс программы представлен на рисунке 1.

**Данная программа создана для теплотехнического расчета стены**

Температура внутри помещения, °C:

Средняя температура наружного воздуха, °C:

Продолжительность отопительного периода, сут/год:

Укажите теплопроводность вашего утеплителя, Вт/(м·°C):

Укажите кол-во слоев без утеплителя, шт:

Выберите ваш тип здания:

- 1) Жилые, лечебно-профилактические и детские учреждения, школы, интернаты, гостиницы и общежития
- 2) Общественные, кроме указанных выше, административные и бытовые, производственные и другие здания и помещения с влажным или мокрым режимом
- 3) Производственные с сухим и нормальным режимами

**Нажмите, когда введете все данные**

Толщина слоя, м	Теплопроводность, Вт/(м·°C)
<input type="text" value="0.09"/>	<input type="text" value="0.96"/>
<input type="text" value="0.25"/>	<input type="text" value="0.87"/>
<input type="text" value="0.02"/>	<input type="text" value="0.87"/>

**Нажмите когда укажете теплопроводность и толщину слоев**

**Итоги расчета:**

ГСОП[°C·сут/год]=	5181.5
Фактическое сопротивление Rф[(м2·°C)/Вт]=	3.214
Требуемое сопротивление Rтр[(м2·°C)/Вт]=	3.214
Вычисленная толщина утеплителя[м]=	0.225
Необходимая толщина утеплителя[м]=	0.225

Данная программа разработана Якимовым Виктором :)

Рис. 1. Интерфейс программы теплотехнического расчета стены

Разработка логической части программы. И так подведем итоги, от пользователя будут требоваться вводные данные, а конкретно: средняя температура воздуха, продолжительность отопительного периода, расчетная температура внутри помещения, а также толщина каждого слоя стены (кроме утеплителя, так как его мы и ищем в данном расчете) и значения коэффициентов теплопроводности слоев (в том числе утеплителя). Можно было бы сделать автоматический ввод так, чтобы пользователь указывал только регион строительства и слои, но показатели обновляются каждый год, а соответственно значения  $t_{от}$ ,  $Z_{от}$ ,  $t_b$  будут меняться, это будет заставлять постоянно менять значения в коде, что нам не подходит.

Для начала необходимо, чтобы пользователь ввел следующие данные: темпера-

тура внутри помещения, средняя температура наружного воздуха, продолжительность отопительного периода, теплопроводность утеплителя и количество слоев без утеплителя. После чего человек выбирает свой тип здания и жмет на кнопку принять. В появившихся окошках для ввода в столбце слева указывается толщина слоя, а в столбце справа его теплопроводность. Как только все данные введены нажимается кнопка выполнить расчет, итоги расчета отображаются внизу (рис. 1.)

Теперь необходимо проверить верны ли расчеты в реализуемой программе для этого можно взять значения из готового примера в интернете [3]. Исходные параметры из примера приведены на таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные из примера

№ слоя	Материал слоя	Толщина слоя $\delta$ , мм	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м*°С)
1	Кирпич декоративный	90	0,96
2	Минеральная вата	X	0,085
3	Силикатный кирпич	250	0,87
4	Штукатурка	20	0,87

Температура внутри помещения  $t_{в} = 20$  °С, средняя температура наружного воздуха  $t_{от} = -4,1$ °С, продолжительность отопительного периода  $Z_{от} = 215$  сут.

Вводим их в нашей программе и выполняем расчет. Теперь наши результаты можно сравнить с результатами из примера (табл. 2).

Таблица 2. Сравнение результатов вычислений

Расчет	ГСОР, °С*сут	Требуемое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции $R_{тр}$ , м <sup>2</sup> *°С/Вт	Фактическое сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции $R_{ф}$ , м <sup>2</sup> *°С/Вт	Толщина утеплителя, мм
Наш расчет	5181,5	3,214	3,214	225
Готовый пример	5182	3,214	3,214	225

Сравнивая результаты, можно прийти к выводу, что разработанная программа, работает правильно – все вычисленные данные сошлись.

**Заключение.** На основе универсальной методики для проведения теплотехнического расчета стеновой конструкции была разработана простая программа на языке Python. Проведена проверка правильности

выполнения расчетов в программе. В результате реализована универсальная программа, способная в офлайн формате проводить теплотехнический расчет стены. Она не зависит от изменения каких-либо данных, так как пользователь указывает их вручную. А используемые формулы при необходимости легко найти в коде и изменить.

#### Библиографический список

1. Свод правил СП 50.13330.2012 СНиП 23-022003 Тепловая защита зданий.
2. Свод правил СП 131.13330.2020 СНиП 23-01 – климатология
3. Общие ресурсы по строительству: сайт Игоря Гарушина. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://svoydomtoday.ru/utepleniye-konstrukciy/210-teplotehnicheskij-raschet-s-primerom.html> (дата обращения 23.03.2023).

**DEVELOPMENT OF A PROGRAM FOR PERFORMING THERMAL CALCULATION OF THE WALL**

**V.A. Yuzhakov**, *Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

**V.A. Yakimov**, *Student*

**Branch of the DINO State University «Dubna»**

**(Russia, Dmitrov)**

***Abstract.** The article discusses the process of creating a construction application that performs thermal calculation of walls. As part of the work, a small review of the market of construction applications, environments for their development, selection of a suitable programming language, analysis of the necessary documentation for performing thermal engineering calculations is carried out. A certain calculation algorithm is proposed in the written program, which, based on the data entered by the user about the region, performs a thermal calculation of the wall structure. The results that reflect the operability of the written application are presented.*

***Keywords:** code of rules, wall construction, thermal engineering calculation, insulation thickness, heat transfer resistance of the enclosing structure, programming language, Python, Tkinter module.*