Министерство образования и науки РФ

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет   
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт новых материалов и металлургии

Кафедра «Теплофизика и информатика в металлургии»

Оценка работы: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Члены комиссии:

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись расшифровка подписи

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Подпись расшифровка подписи

«\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2020 г.

Разработка информационно-моделирующей системы расчета теплового баланса доменной печи

**ПРОЕКТ ПО МОДУЛЮ**

**«Металлургические технологии»**

Направление 09.03.02 «Информационные системы и технологии»   
(уровень бакалавриата)

Образовательная программа 09.03.02/03.01   
«Информационные системы и технологии в металлургии»

Руководитель:

доцент, к.т.н. И.А. Гурин

должность, звание подпись расшифровка подписи

Студент:

НМТ-373907 И.С. Воронцов

номер группы подпись расшифровка подписи

Екатеринбург

2020

**РЕФЕРАТ**

Пояснительная записка изложена на 22 листах и содержит 14 рисунков.

Проект по модулю посвящен разработке приложения расчёта теплового баланса доменной печи.

Отражены основные этапы разработки программного обеспечения: реализация тестового варианта расчета в электронных таблицах Microsoft Excel; проектирование и реализация программного средства – математической библиотеки и пользовательского интерфейса.

Основными функциями программного обеспечения является расчет теплового баланса доменной плавки, статей прихода и расхода тепла в печи.

Основные конечные пользователи программного обеспечения – студенты вузов.

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 4](#_Toc30805245)

[1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ, ПРОВЕРКА КОРРЕКТНОСТИ АЛГОРИТМ РАСЧЕТА 5](#_Toc30805246)

[1.1 Постановка задачи 5](#_Toc30805247)

[1.2 Математическая модель задачи 5](#_Toc30805248)

[1.3 Реализация расчета в Microsoft Excel 9](#_Toc30805249)

[2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА 12](#_Toc30805250)

[2.1 Разработка математической библиотеки 12](#_Toc30805251)

[2.2 Реализация пользовательского интерфейса 12](#_Toc30805252)

[2.3 Обработка исключительных ситуаций 19](#_Toc30805253)

[2.4 ДОБАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА В РЕПОЗИТОРИЙ НА «GitHub.com» 19](#_Toc30805254)

[Заключение 22](#_Toc30805255)

[БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК 23](#_Toc30805256)

# ВВЕДЕНИЕ

Для реализации доменного процесса необходимо тепло. Оно расходуется на нагрев загруженных в доменную печь шихтовых материалов, плавления чугуна и шлака, оно необходимо для компенсации отрицательных тепловых эффектов восстановления оксидов железа и других элементов, для увеличения скорости течения химических реакций, сопровождающих доменный передел, для разложения гидратных и карбонатных соединений, для испарения влаги шихты и т.д.

Результат тепловой работы доменной печи наглядно отражает тепловой баланс плавки. Этот баланс дает общую картину как приходной, так и расходной частей баланса, что позволяет выполнить обоснованный анализ тепловой работы печи и сделать конкретные выводы о возможности сокращения удельного расхода кокса при доменной плавке.

Тепловой баланс доменной плавки выполняется на основе составленного материального баланса; он составляется на 1 кг чугуна и для наглядности отображается в табличном виде.

# 1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ, ПРОВЕРКА КОРРЕКТНОСТИ АЛГОРИТМ РАСЧЕТА

## Постановка задачи

Целью является разработка Web – проекта, для расчета теплового баланса доменной печи.

Тепловой баланс зависит от приходящего и уходящего тепла:

Статьи прихода:

1. тепло от сгорания углерода у фурм (одна из больших);
2. тепло окисления углерода прямого восстановления;
3. тепло догорания монооксида углерода в диоксид углерода
4. тепло окисления водорода;
5. тепло сгорания природного газа;
6. физическое тепло дутья (одна из больших).

Статьи расхода:

1. тепло на диссоциацию оксидов;
2. тепло на перевод серы в шлак;
3. тепло на разложение известняка;
4. тепло на разложение части CO2 флюса;
5. тепло на разложение влаги дутья;
6. тепло испарения гигроскопической влаги, выделения и испарения гидратной влаги;
7. унос тепла чугуном;
8. унос тепла шлаком;
9. унос тепла колошниковым газом;
10. тепловые потери (тепло, уносимое охлаждающей водой, и наружные тепловые потери лучеиспусканием, конвекцией, теплопроводностью).

## 1.2 Математическая модель задачи

**Приходная часть теплового баланса включает в себя следующие статьи**

* Количество тепла, получающегося при горении углерода кокса, определяется из уравнения

, (1.1)

где  количество углерода кокса, сжигаемого у фурм, кг/т чугуна.

* Приход тепла с нагретым дутьем:



, (1.2)

где  расход дутья, м³/т чугуна;

содержание кислорода в дутье, %;

 теплоемкости газов и паров воды, кДж/(м³⋅К);

f – влажность дутья, г/м³;

 температура горячего дутья, °С.

* Количество тепла, выделяющегося при конверсии (неполном горении) природного газа (при условии, что природный газ – это метан):

, (1.3)

где  расход природного газа, м³/т чугуна.

* Количество тепла, выделяющегося при процессе шлакообразования. Эта статья прихода тепла в печь учитывается только в случае загрузки в печь «сырого» известняка, поскольку если используется окускованное рудное сырье, то процессы минералообразования с соответствующими тепловыми эффектами проходят на агломерационной либо обжиговой машине, а не в доменной печи. Эта статья прихода тепла определяется из уравнения

 , (1.4)

где GИ – удельный расход загружаемого в печь известняка, кг/т чугуна;

(пмпп)И – потери массы при прокаливании известняка, мас. %.

* В случае загрузки в печь горячего агломерата необходимо учитывать еще одну статью прихода тепла – физическое тепло шихты. Эта статья рассчитывается следующим образом:

 , (1.5)

где GЖРМ – удельный расход «горячего» агломерата, кг/т чугуна;

СЖРМ – теплоемкость «горячего» агломерата, кДж/(кг⋅К);

tЖРМ – температура «горячего» агломерата, °С.

Эта статья прихода тепла имеет место только при загрузке в печь горячего агломерата, температура которого при его загрузке в печь составляет 400–600 °С, а теплоемкость агломерата при этой температуре можно принимать равной 0,95 кДж/(кг⋅К).

**Расходная часть теплового баланса включает следующие статьи**

* Расход тепла на прямое восстановление оксидов железа определяется из уравнения

, (1.6)

где rd – степень прямого восстановления, доли ед.

* Расход тепла на прямое восстановление примесей чугуна:

, (1.7)

где  содержание элементов в чугуне, %.

* Затраты тепла на процесс десульфурации чугуна:

, (1.8)

где удельный выход шлака, кг/т чугуна;

 содержание серы в шлаке, %.

* Затраты тепла на компенсацию отрицательного теплового эффекта восстановления оксидов железа водородом:

, (1.9)

где степень использования водорода в печи.

* Количество тепла, уносимого из печи жидким чугуном:

QЧ = 1 СЧ tЧ, (1.10)

где СЧ – теплоемкость жидкого чугуна, кДж/(кг⋅К) (принимается 0,9 кДж/(кг⋅К);

температура чугуна, °С.

* Количество тепла, уносимого из печи жидким шлаком:

, (1.11)

где СШЛ – теплоемкость жидкого шлака, кДж/(кг⋅К) (принимается 1,26 кДж/(кг⋅К).

* Расход тепла на разложение влаги дутья:

. (1.12)

* Расход тепла на разложение известняка:

, (1.13)

 расход известняка, кг/т чугуна;

потери массы при прокаливании известняка, %.

* Расход тепла на испарение влаги шихты в общем случае определяется следующим образом:

, (1.14)

где GЖРМ, GИ, k – удельные расходы рудных материалов, известняка и кокса, кг/т;

fЖРМ, fИ, fК – содержание влаги в материалах, мас. %.

* Количество тепла, уносимого из печи колошниковым газом, определяется из уравнения



, (1.15)

где  – теплоемкости соответствующих газов при температуре колошникового газа, кДж/(м³⋅К).

* Тепловые потери печи с охлаждающей водой и в окружающее пространство находятся по разности между суммой прихода тепла в печь (QПРИХОД) и суммарным значением найденных выше статей расхода ():

. (1.16)

Следует отметить, что тепловые потери печи при работе доменных печей с достаточно сохранившейся огнеупорной кладкой, с исправной системой охлаждения в нормальном режиме работы при выплавке передельных чугунов составляют 10 – 15 %. Тепловые потери печи зависят также и от производительности доменной печи; при работе печи в режиме «тихого хода» с уменьшенным расходом дутья тепловые потери печи возрастают, что сопровождается ростом удельного расхода кокса.

## 1.3 Реализация расчета в Microsoft Excel

После ознакомления с методическим пособием, создадим алгоритм расчета в электронных таблицах Microsoft Excel.

Создадим блок из входных параметров для удобства работы (рисунок 1.3.1).

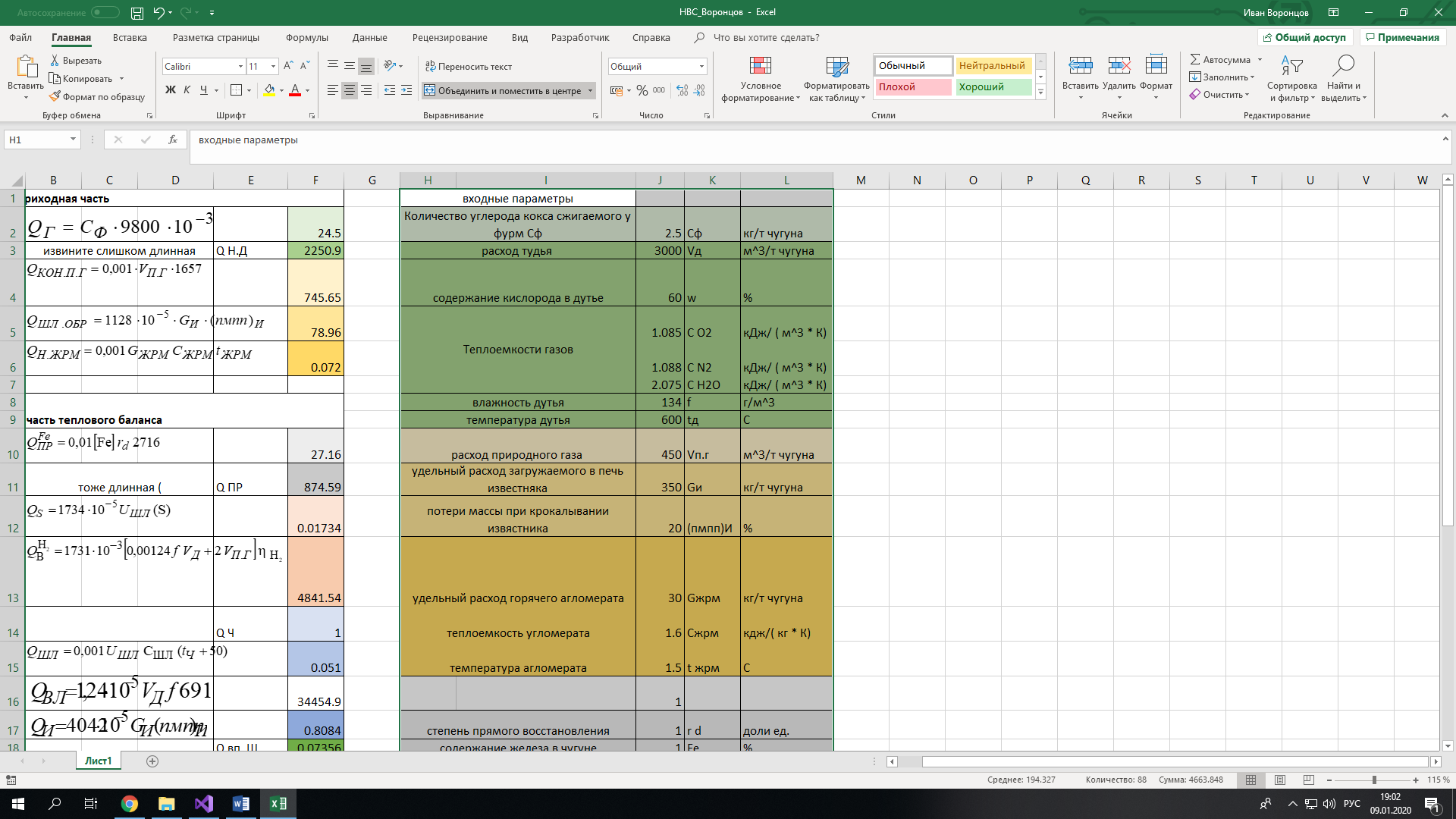


Рисунок 1.3.1- Входные данные

Все расчетные формулы были сделаны в соответствии с методическими указаниями (рисунок 1.3.2).

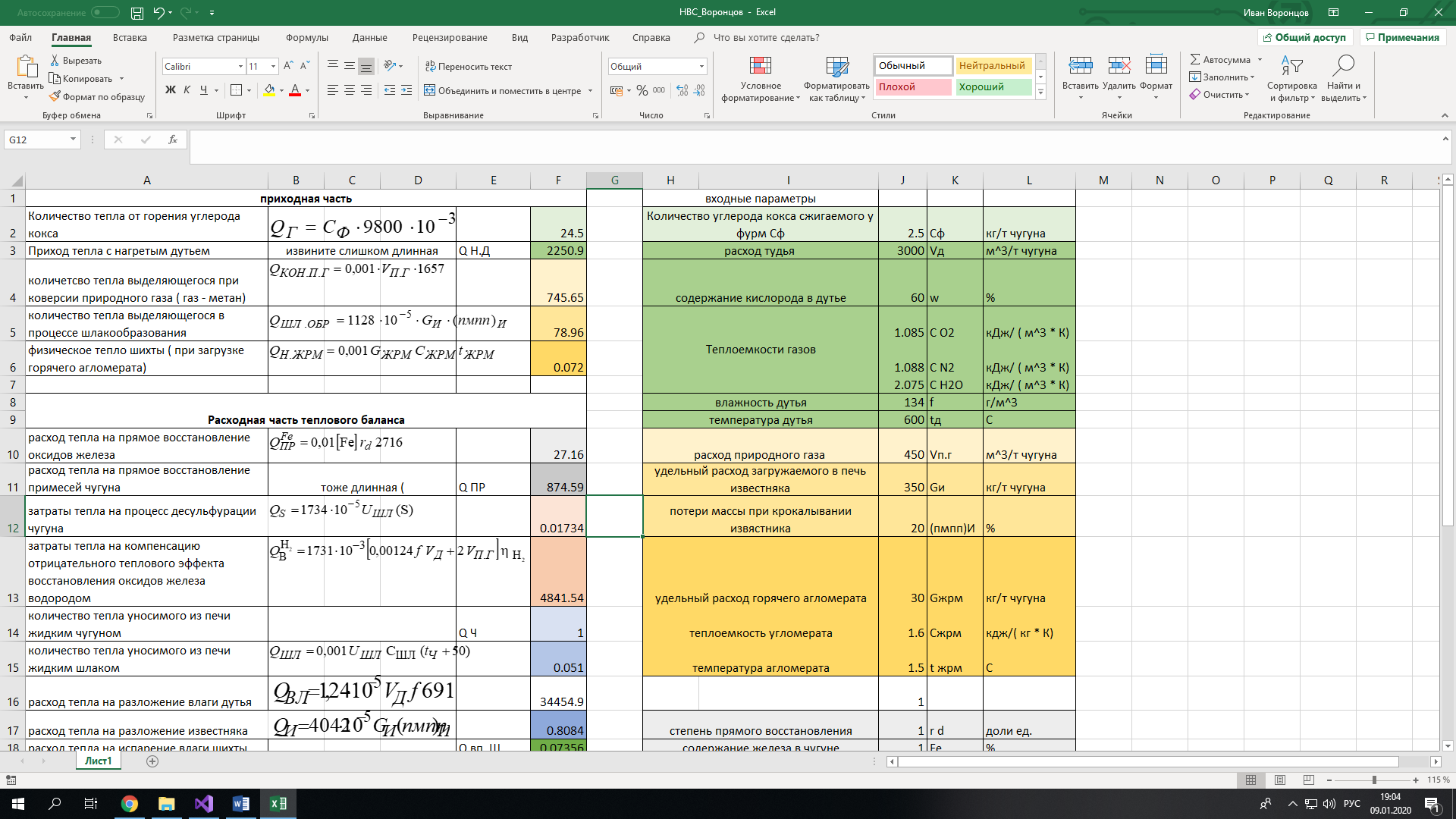


Рисунок 1.3.2 – Расчетные формулы

# 2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА

## 2.1 Разработка математической библиотеки

Библиотека реализована в среде Visual Studio в виде dll-файла. Алгоритм расчета реализован на основе Excel-файла и методических указаний.

Фрагмент математической библиотеки представлен на рисунке 2.1.1.

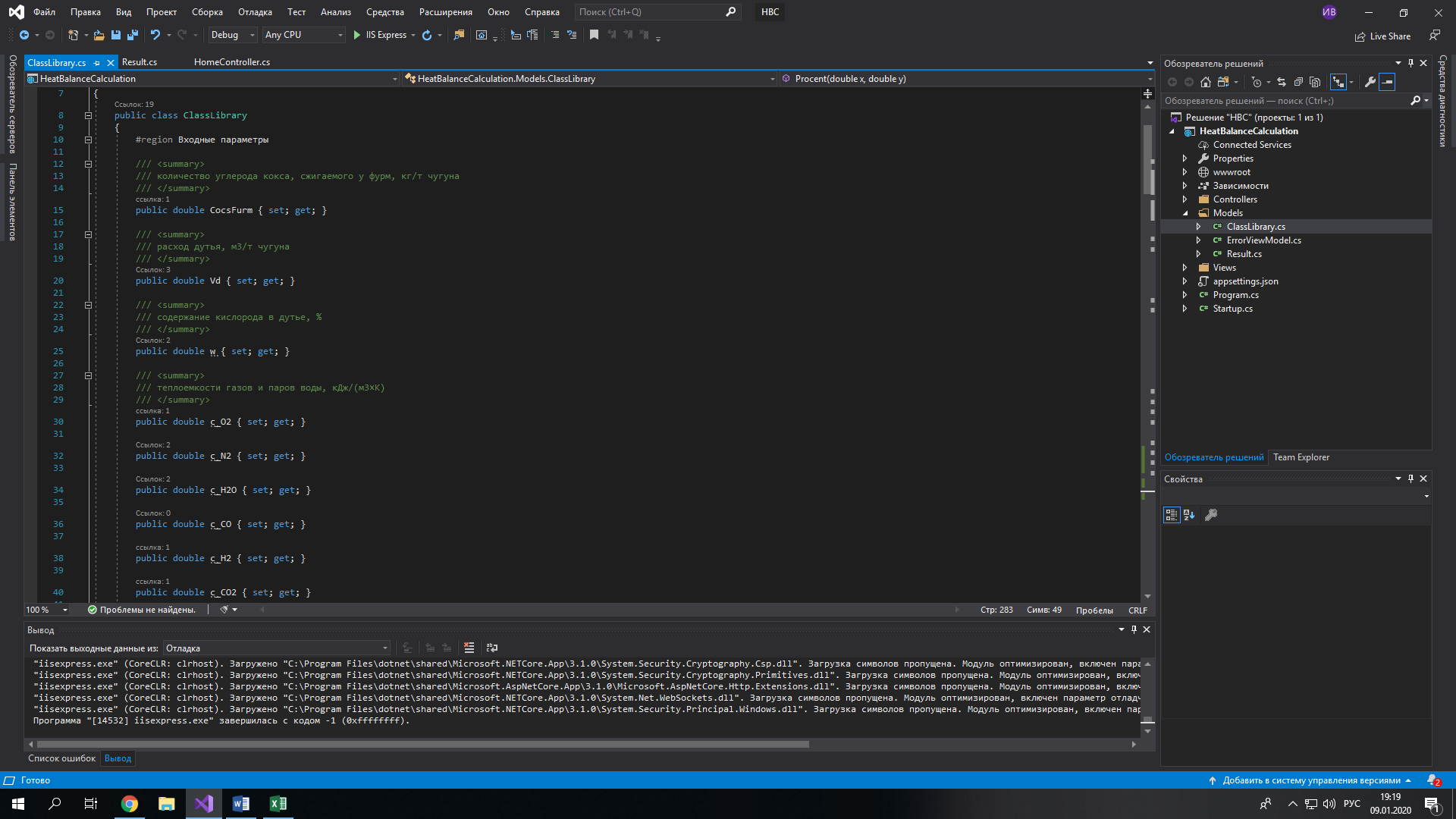


Рисунок 2.1.1 – Фрагмент математической библиотеки

## 2.2 Реализация пользовательского интерфейса

В среде разработки Visual Studio есть готовые шаблоны для создания HTML – страниц. Они базируются на технологии MVC и встроенных шаблонах Razor для страниц HTML.

Для создания визуального пользовательского интерфейса мы создадим проект Web – API (вкладка Web шаблонов представлен рисунке 2.2.1)

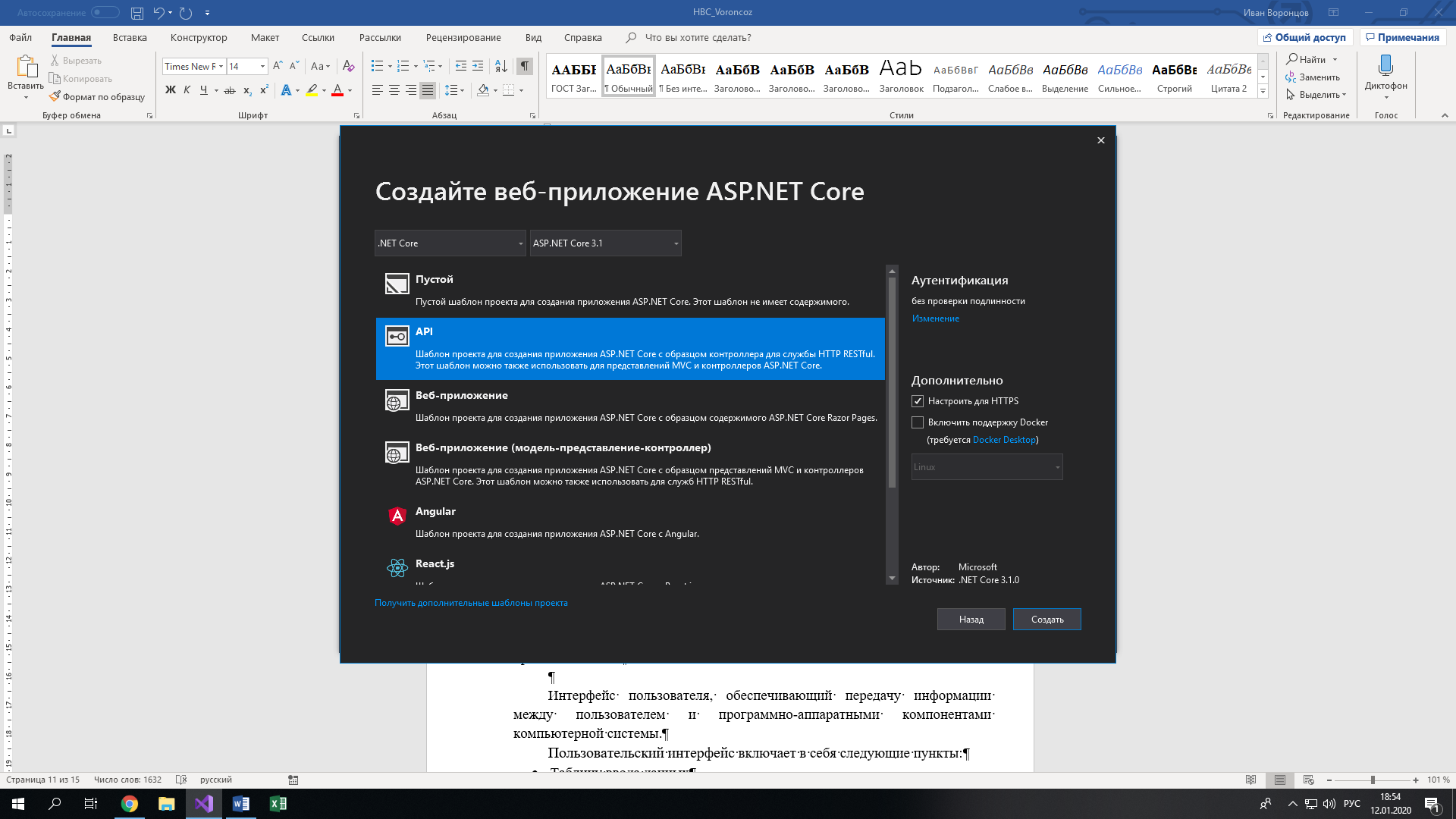


Рисунок 2.2.1. - Шаблоны Web -проекта

Далее среда разработки сама создает нам нужный шаблон, в котором уже имеются основные элементы Web- - проекта (элементы проекта представлены на рисунке 2.2.2.), а именно:

* wwwroot
* Controllers
* Models
* Views
* Program.cs
* Startup.cs

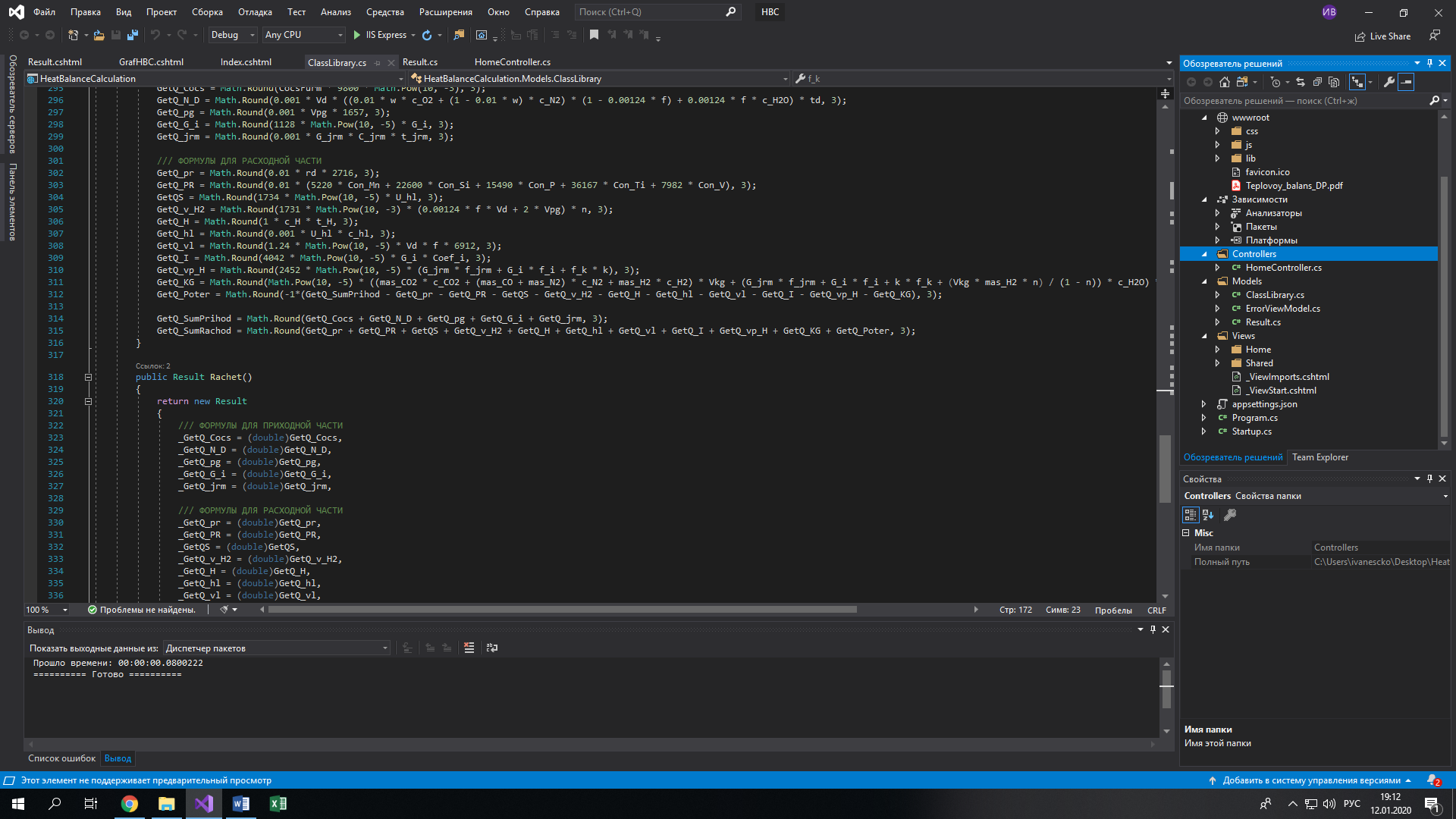


Рисунок 2.2.2. - Элементы Web-проекта

Каждый из этих элементов отвечает за свою механику в проекте, например, Controllers управляет переходами от страницы к странице, а Startup.cs создает точку входа.

Для того чтобы добавить страницу нам нужно добавить представление Razor в папку Views/Home и уже внутри созданного .cshtml файла прописывать механику действия и визуальную составляющую за счет использования Html команд и CSS стилей.

Рассмотрим часть кода страницы представленный на рисунке 2.2.3.

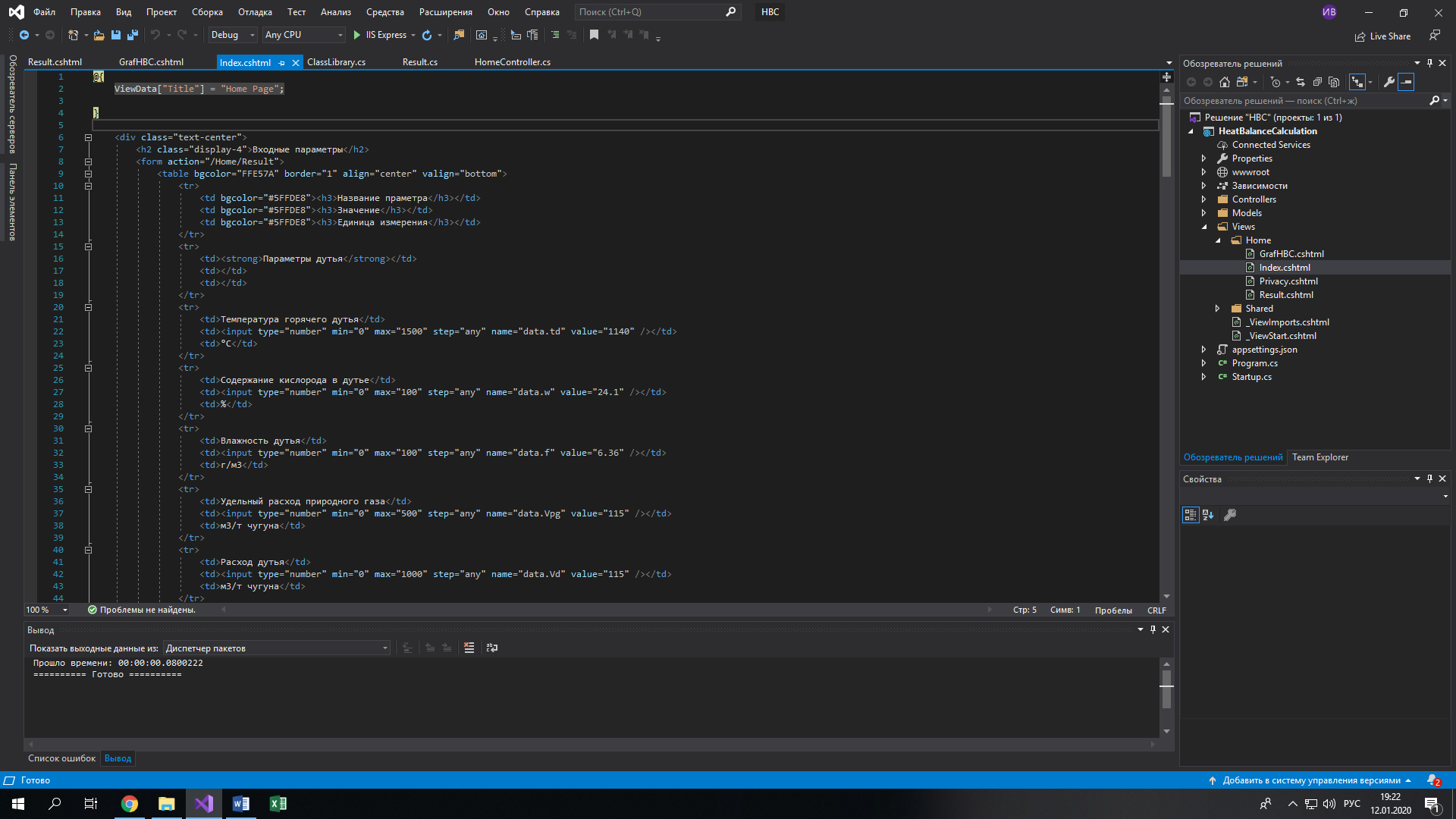


Рисунок 2.2.3 - Часть кода страницы ввода данных.

Для управления графической составляющей мы используем команды HTML, на этом языке их называют «тэг», например тег <h></h> отвечает за заголовок , а <td></td> за добавление строки в таблицу тега <tr></tr>, так же можно заметить что тэги – это «точечные» команды которые обязательно должны быть закрыты в конце, таким образом <h> - это начало тэга, внутри которого мы поместим часть кода, указывающем что программе делать, а </h> закроет тэг, и мы сможем перейти к новому тегу.

Интерфейс пользователя, обеспечивающий передачу информации между пользователем и программно-аппаратными компонентами компьютерной системы.

Пользовательский интерфейс включает в себя следующие пункты:

* Таблицу ввода данных

В таблице имеются стандартные значения (для проверки работоспособности программы), которые пользователь может заменить на свои и получить в результате значения теплового баланса.

* Кнопку «Расчет»

При нажатии на кнопку «Вычислить результат» программа произведет вычисления, результат которых будет во вкладке «Результат расчета».

* Кнопку «Очистить таблицу»

При нажатии на кнопку «Очистить таблицу» программа очищает значения в таблице «Исходные данные», и подставляет стандартные значения.

* Кнопку «Методика расчета»

При нажатии кнопки откроется ссылка с методическими указаниями расчета.

Кнопку «Информация по доменной печи»

Кнопка ссылается на вики-страницу с информацией о доменной печи.

Фрагмент окна пользовательского интерфейса в среде Visual Studio представлен на рисунке 2.2.4.

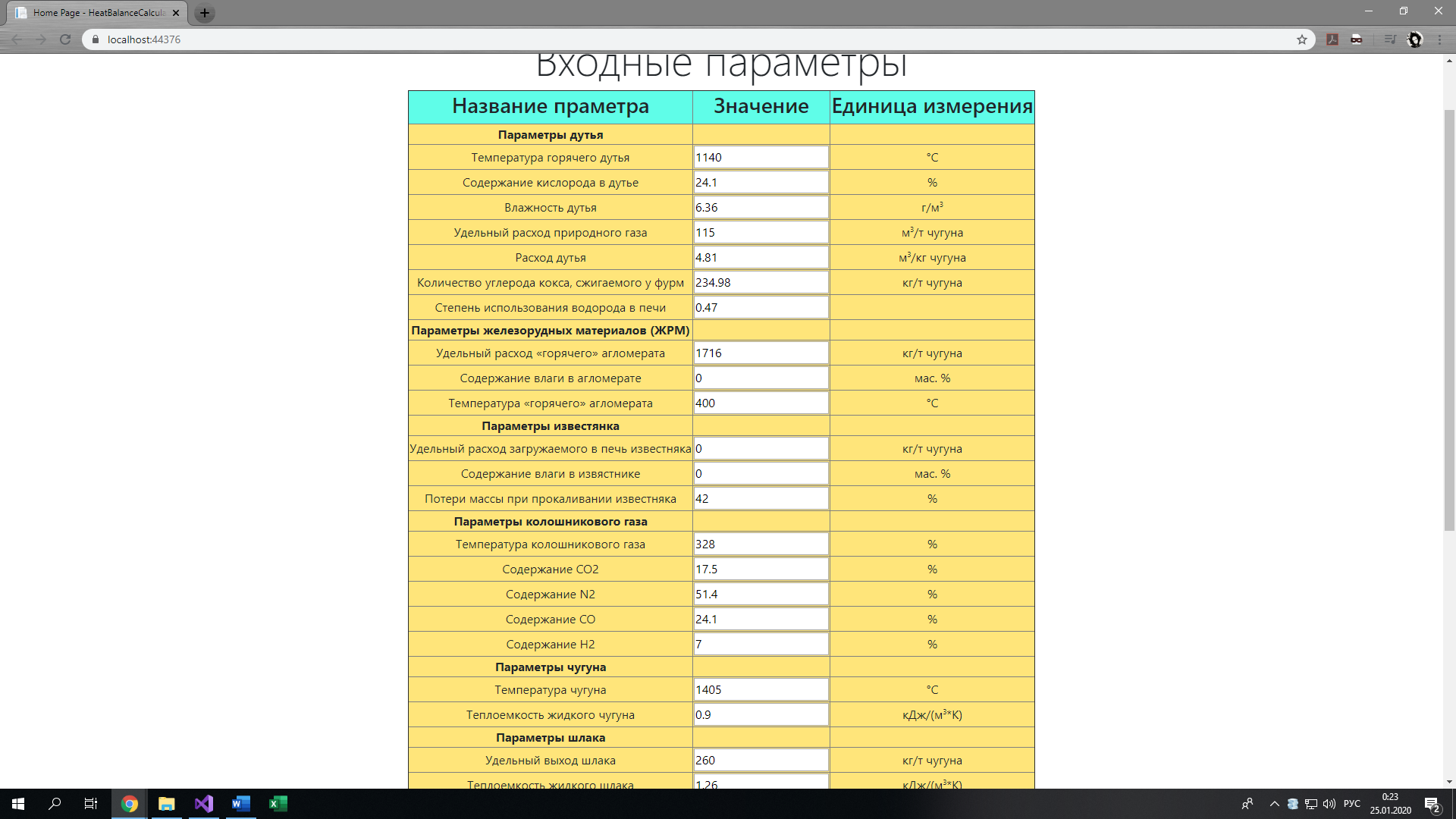


Рисунок 2.2.4. – Фрагмент окна пользовательского интерфейса

Рассчитанные значения отображаются на новой странице, фрагмент страницы расчетов приведен на рисунке 2.2.5.

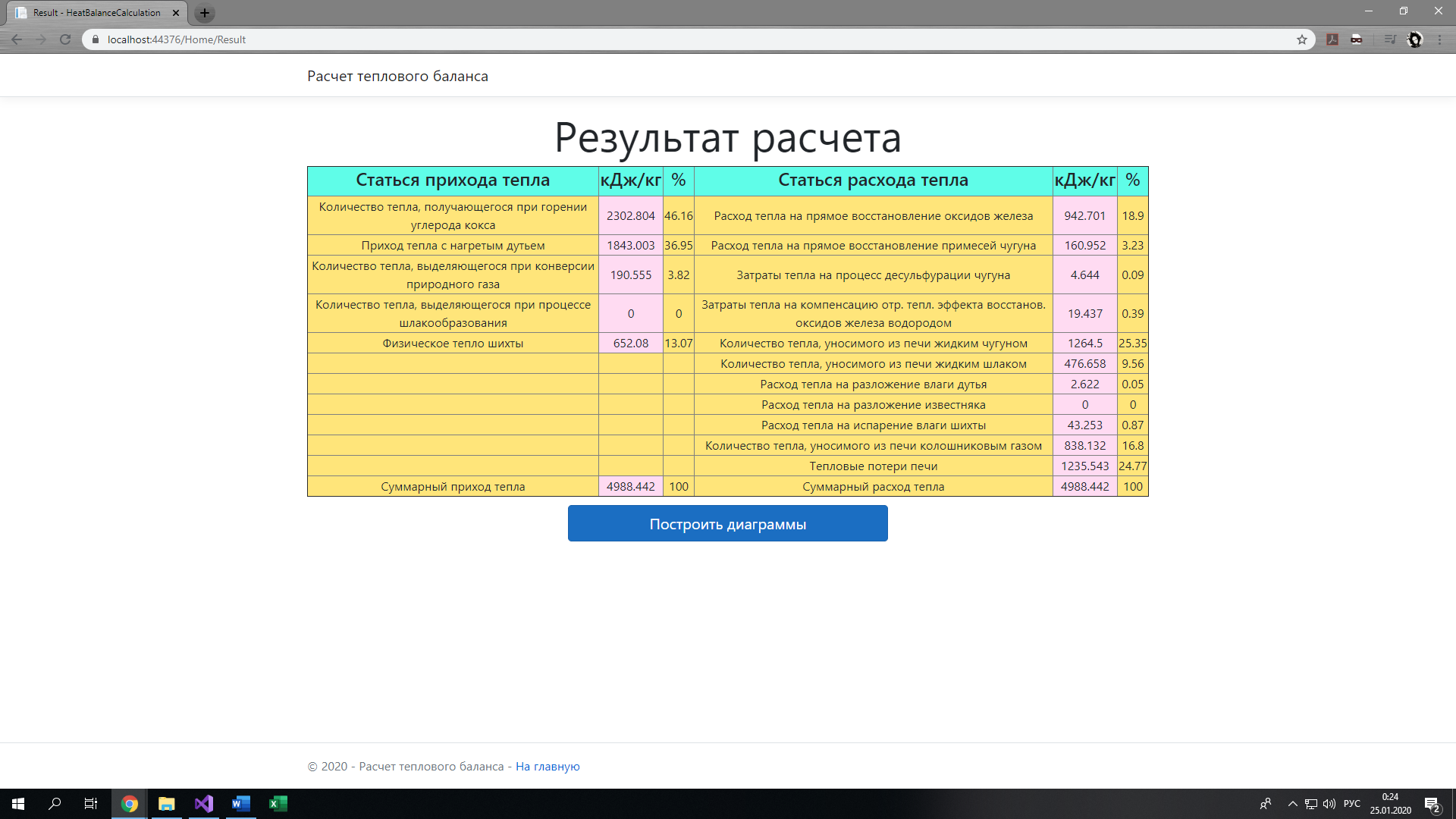


Рисунок 2.2.5 - Страница расчетов

Так же программа включает в себя составление круговых диаграмм, для лучшего восприятия информации о результатах расчета.

Круговые диаграммы отображаются на отдельной странице, перейти на которую можно нажав кнопку «Построить диаграммы»; кнопка расположена внизу страницы расчета. Пример страницы с диаграммами представлен на рисунке 2.2.6.

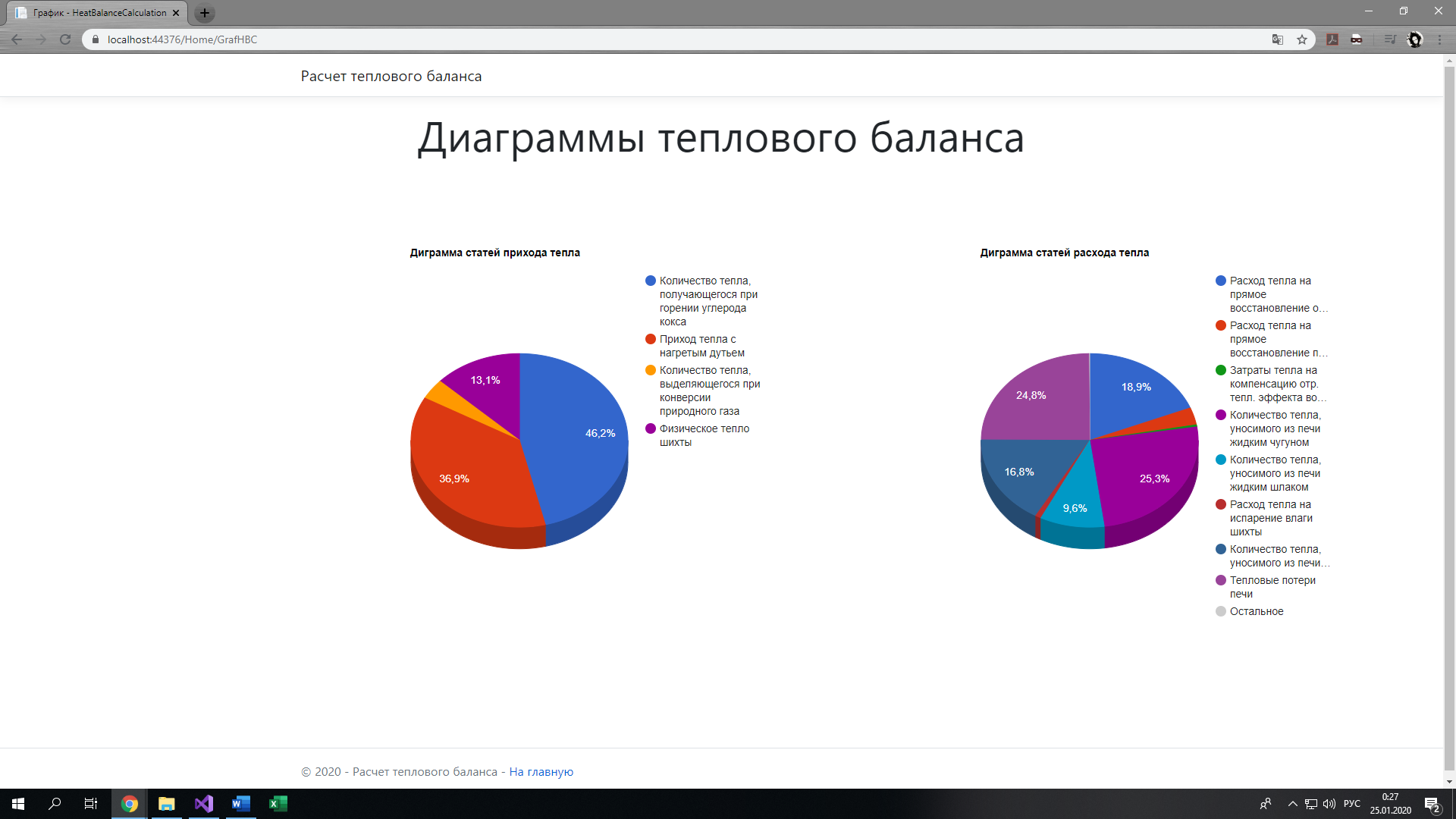


Рисунок 2.2.6. - Диаграммы расчета

Для создания отдельной страницы мы используем отдельное представление Razor.

Для визуализации информации, будем использовать метод создания круговых диаграмм с подключением библиотек от Google.

Для начала мы создаем диаграмму, заполняя её нужными данными, для этого используем параметр «var data», в который поочередно передаем параметры.

Сначала мы вводим название параметра в кавычках, а затем передаем нужное значение из нашей библиотеки (пример заполнения диаграммы данными представлен на рисунке 2.2.7).

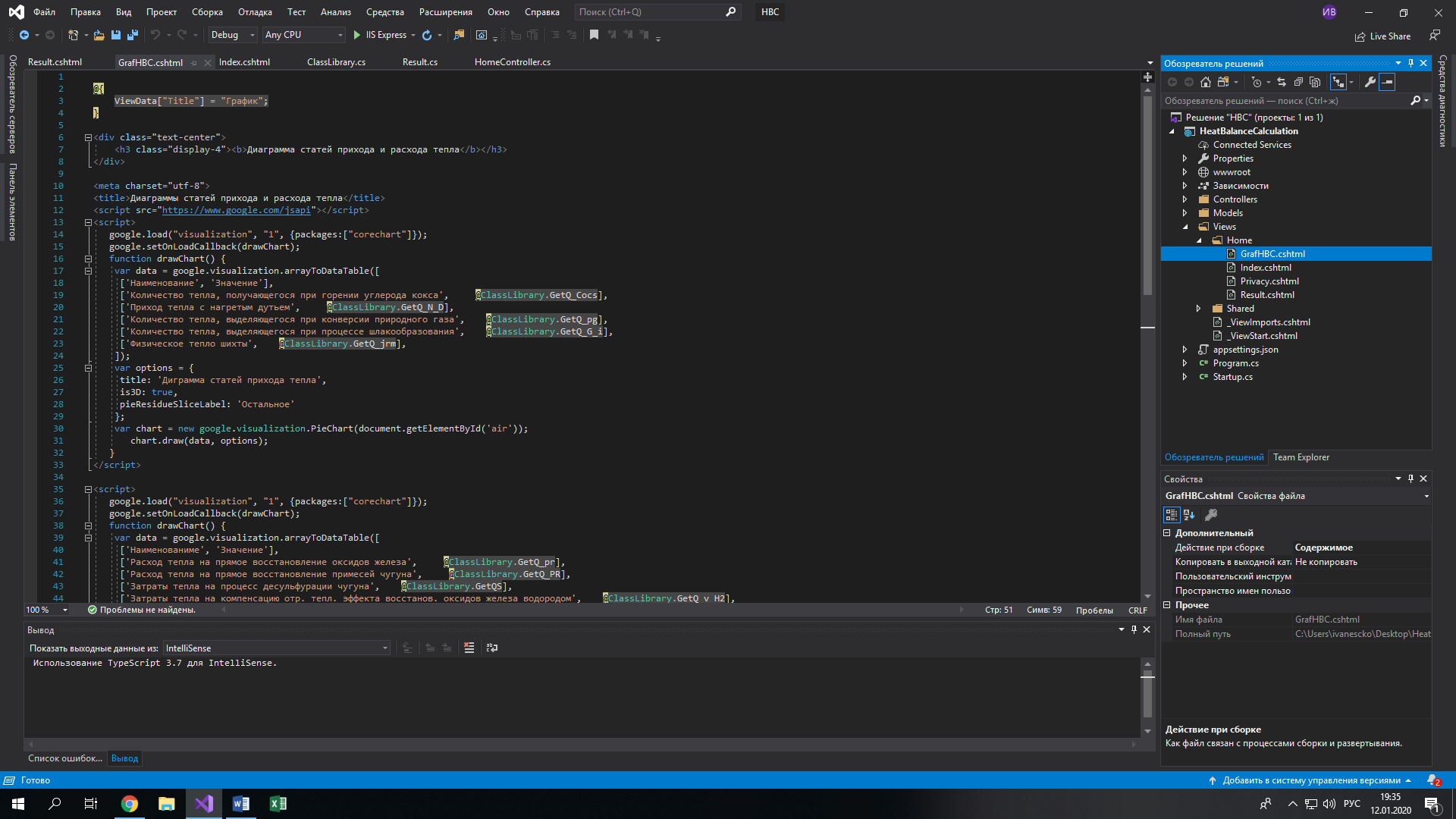


Рисунок 2.2.7. – Заполнение данными диаграммы статей прихода

Затем после того, как наши диаграммы наполнены данными, нам нужно вызвать их на страницу, для этого передаем id диаграмм в блок «div».

Пример вызова диаграмм приведен на рисунке 2.2.8.

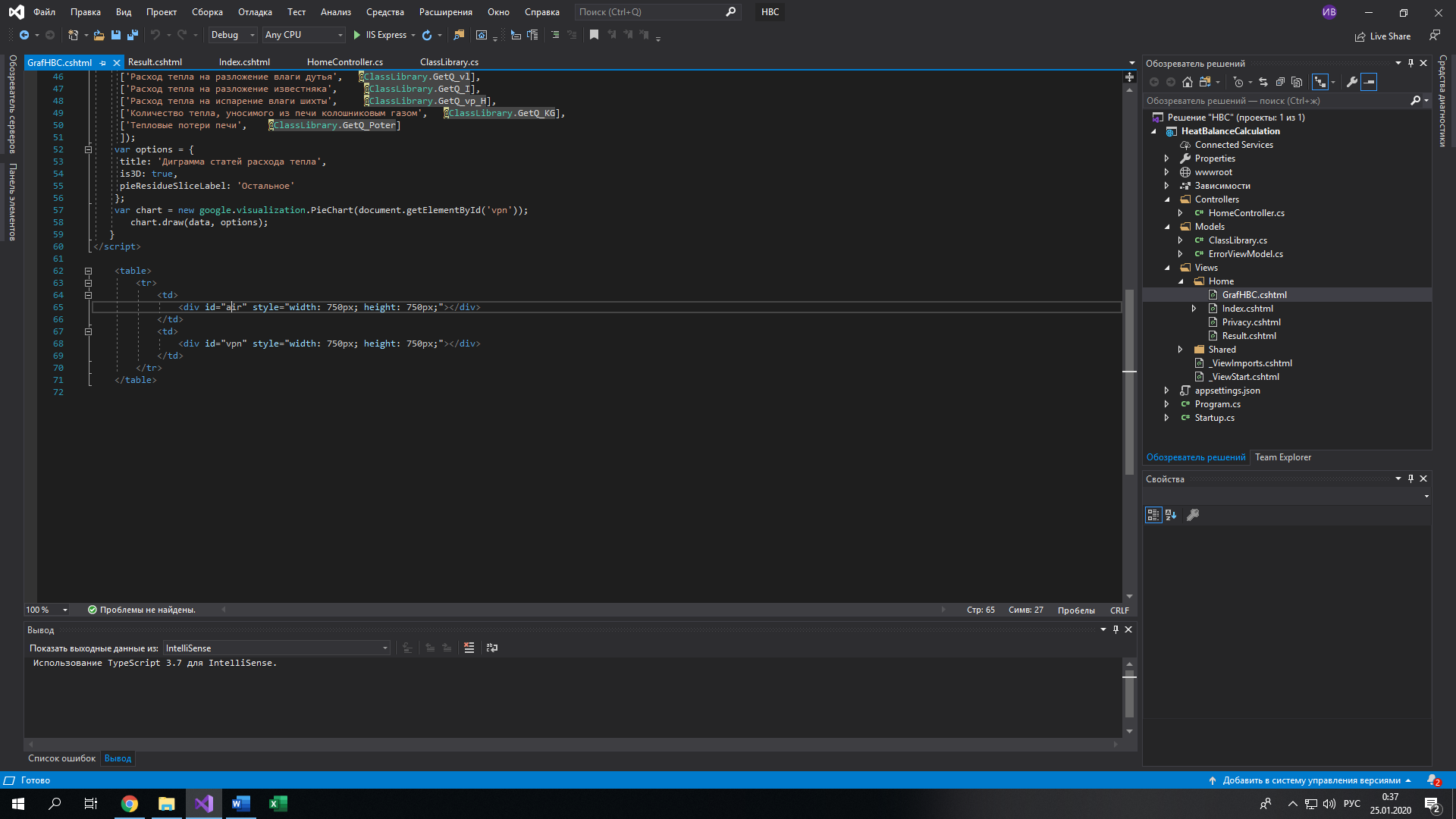


Рисунок 2.2.8. – Вызов диаграмм.

## 2.3 Обработка исключительных ситуаций

Иногда при выполнении программы возникают ошибки, которые трудно предусмотреть или предвидеть, а иногда и вовсе невозможно.

Фрагмент программного кода обработки исключительных ситуаций представлен на рисунке 2.2.9.

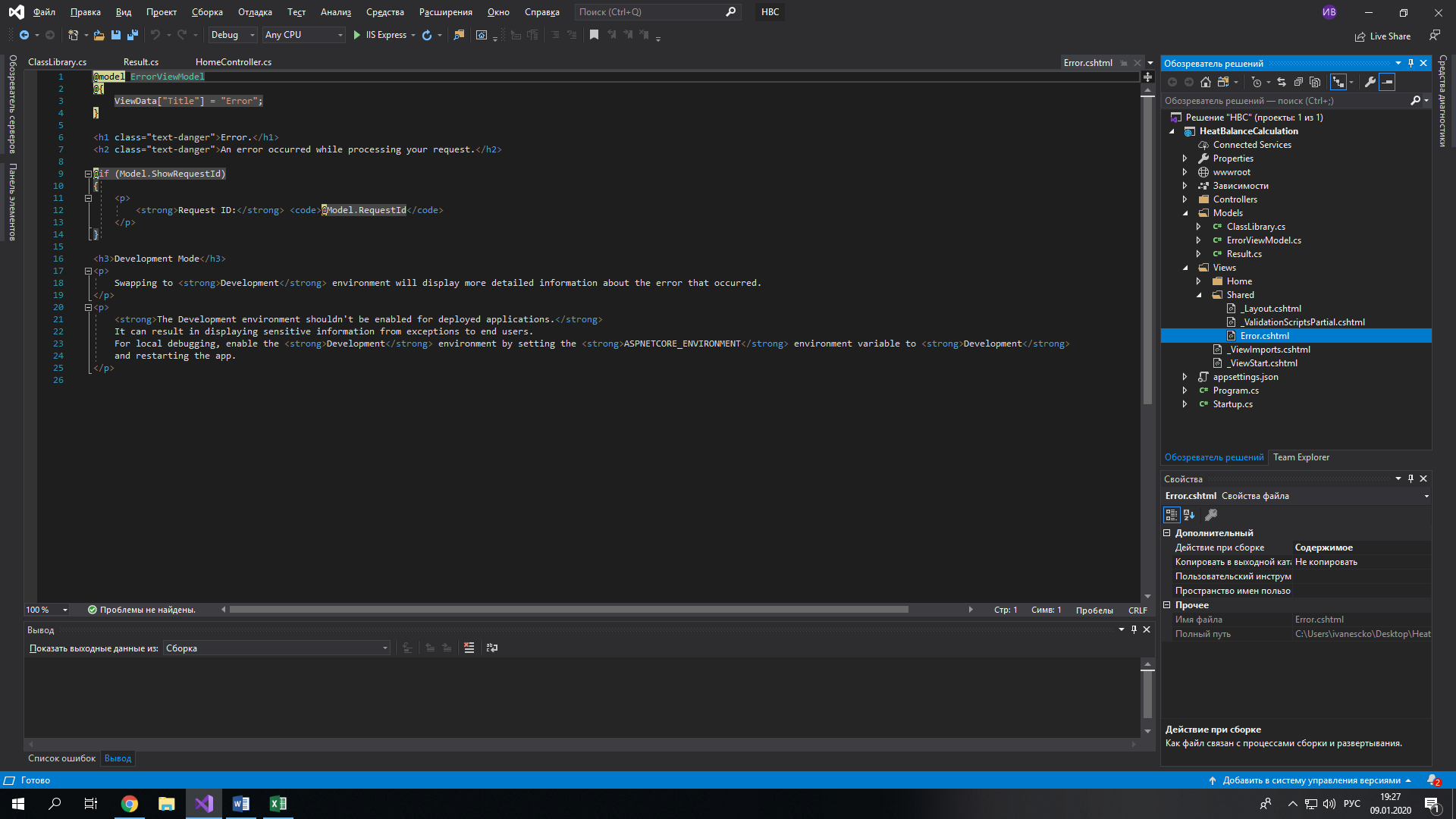


Рисунок 2.2.9 – Фрагмент программного кода обработки

исключительных ситуаций

## 2.4 ДОБАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА В РЕПОЗИТОРИЙ НА «GitHub.com»

Для того, чтобы иметь доступ к проекту или файлам проекта большинство программистов использует хранилище данных GitHub.Com. Этот сайт, как и программа GitExtensions предназначены не только для хранения данных, но и для более удобного создания готового решения, с помощью них другой программист может увидеть изменения, добавленные вами в код проекта, что делает разработку более гибкой и удобной.

Для добавления проекта в репозиторий Git, я использовал программную утилиту для рабочего стола GitHub desktop. Для создания репозитория нам нужно нажать File, в верхнем левом углу далее нажать New Repository, добавить в него файлы, которые необходимо закомитить и отправить данные на сайт, для того чтобы создать облачное хранилище для этого репозитория, в конечном итоге проект в GitHub desktop будет выглядеть так, как показан на рисунке 2.2.10.

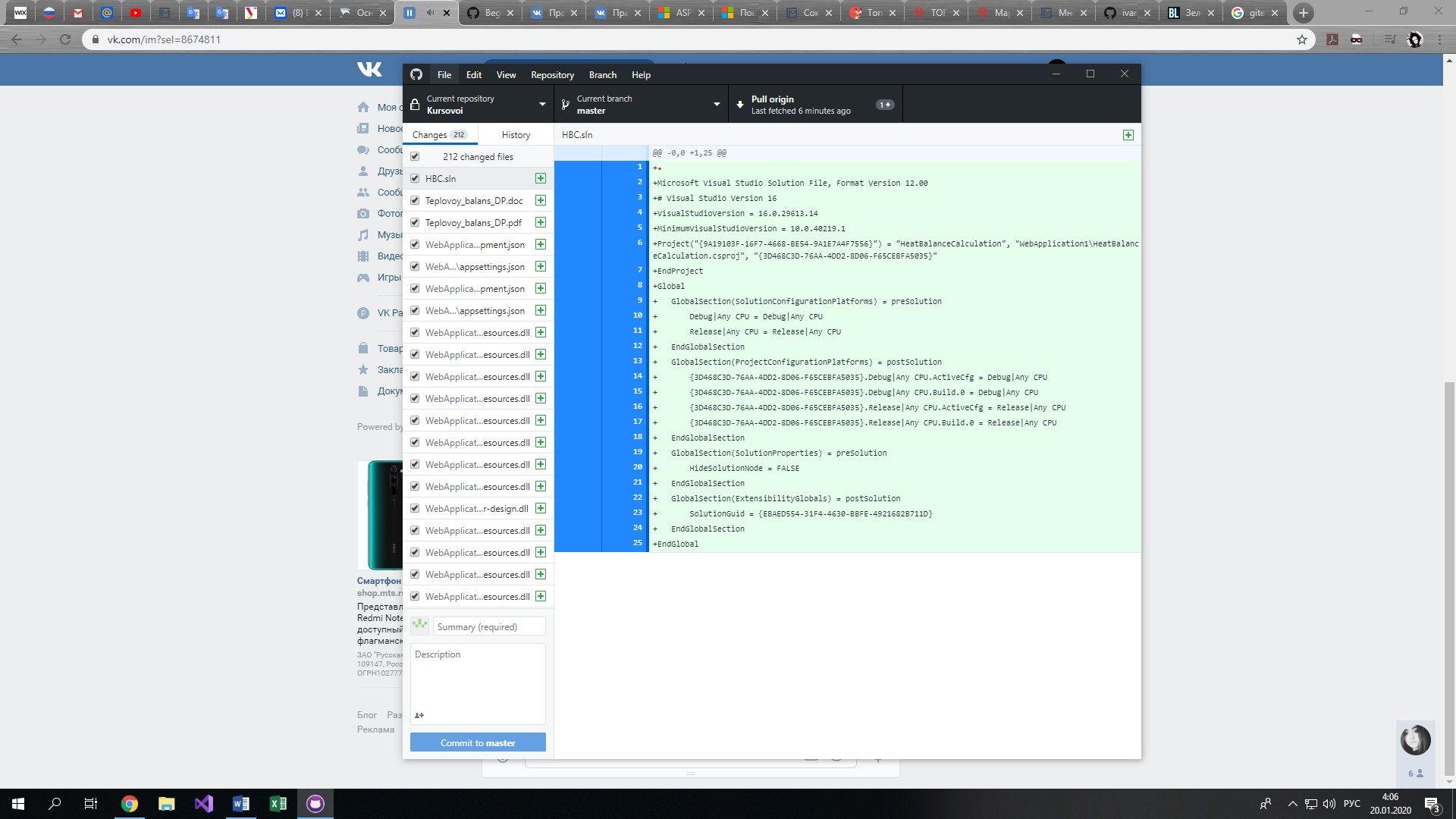


Рисунок 2.2.10. - Коммит в GitHub desktop

На странице сайта так же будет отображение, и будет предоставлен архив для скачивания.

Вид проекта на сайте представлен на рисунке 2.2.11.

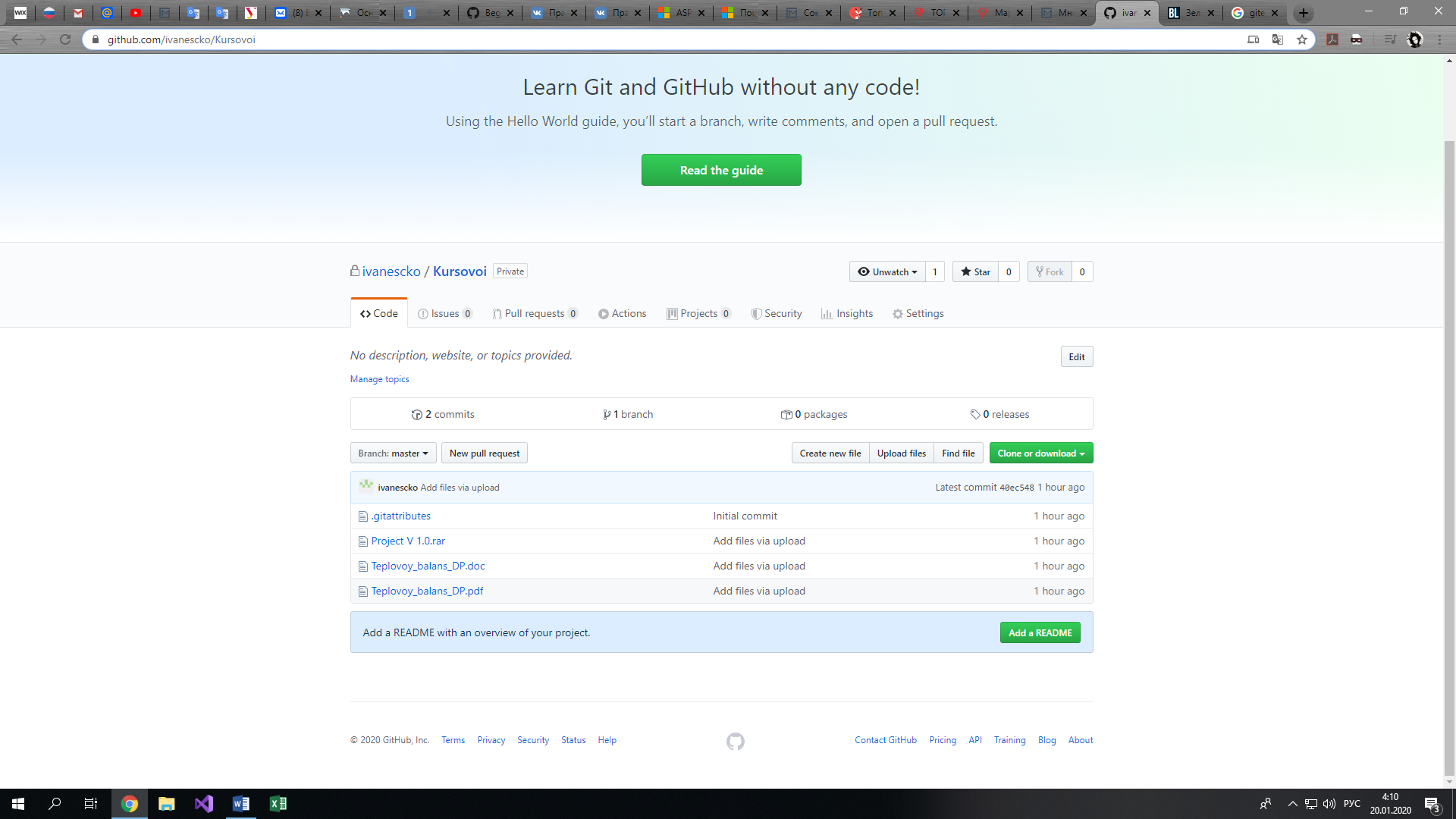


Рисунок 2.2.11. - Страница GitHub с репозиторием.

# Заключение

В результате проделанной работы мы выполнили поставленную задачу: разработали Web-проект для расчета теплового баланса доменной печи.

Для создания данного проекта были разработаны:

* Математическая библиотека Excel
* Математическая библиотека Visual Studio
* Пользовательский интерфейс с использованием Web-Api модели и HTML
* CSS стили для HTML

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Павловская Т.А. C#. Программирование на языке высокого уровня: Учебник для вузов. -СПб.: БХВ-Петербург, 2007.
2. Коцюба И.Ю., Чунаев А.В., Шиков А.Н. Основы проектирования информационных систем. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2015. – 206 с.
3. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов - Г.М.-А. Алиев
4. Козлова С.А. и др. Оборудование для очистки газов промышленных печей.
5. Флёнов М.Е. Библия С#. 2-е изд. – СПб.: БХВ-Петербург, 2011. – 560 с.
6. Троелсен Э. Язык программирования C# 5.0 и платформа .NET 4.5. 6-е изд. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2015. – 1312 с.
7. Горлушкина Н.Н. Системный анализ и моделирование информационных процессов и систем. Учебное пособие. – СПб: Университет ИТМО, 2016. – 120 с.
8. Шилдт Г. Польный справочник по C#: пер. с англ./ Г. Шилдт. -М: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 752с.
9. Стасышин В.М. Проектирование информационных систем и баз данных: учебное пособие. – Новосибирск: НГТУ, 2012. – 100 с.
10. Баженова И.Ю. Основы проектирования приложений баз данных. – М.: Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ», 2016. – 238 с.
11. Грабер М. SQL. – М.: Лори, 2007. – 643 с.
12. Лавров В.В. Методические указания к выполнению курсовой работы для студентов бакалавриата, обучающихся по направлению «Информационные системы и технологии» и студентов магистратуры, обучающихся по программе «Информационные системы в металлургии» / В.В. Лавров, К.А. Щипанов, А.А. Бурыкин – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 49 с.
13. Лошкарев Н.Б. Указания к оформлению дипломных и курсовых проектов и работ: методические указания / Н.Б. Лошкарев, А.Н. Лошкарев, Л.А. Зайнуллин. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2007. – 49 с.