

УДК 662.611.22

**ПРИМЕНЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЯЗЫКА C++ ДЛЯ РАСЧЕТА  
ВЫДЕЛЯЕМОЙ ТЕПЛОТЫ ПРИ СЖИГАНИИ ТОПЛИВА  
APPLICATION OF C ++ LANGUAGE POSSIBILITIES TO CALCULATE  
HEAT RELEASED WHEN BURNING FUEL**

З.В. Ковганов, Е.В. Таранко

Научные руководители – В.А. Романко, старший преподаватель, С.И. Ракевич,  
старший преподаватель

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Z. Kovganov, E. Taranko

Supervisors – V. Romanko, Senior Lecturer, S. Rakevich, Senior Lecturer Belarusian  
national technical university, Minsk

***Аннотация:** Расчет выделяемой теплоты при сжигании разных видов химического топлива. Использование языка C++ для создания программы расчета.*

***Abstract:** the calculation of heat emitted in the process of burning different types of fuels. The use of C++ for creating the calculating program.*

***Ключевые слова:** расчет, алгоритм, топливо, тепловая энергия.*

***Keywords:** calculation, algorithm, fuel, thermal energy.*

### **Введение**

Топливо – это горючее вещество, используемое в качестве источника получения теплоты в энергетических, промышленных и отопительных установках. Различают ядерное и химическое топливо. Ядерное топливо – это вещество, которое выделяет ядерную энергию благодаря распаду или синтезу. Химическое же в свою очередь выделяет тепловую энергию путём его сгорания в результате реакции с другими веществами, в частности при взаимодействии с кислородом.

### **Основная часть**

Химическое топливо подразделяется на твердое (дерево, уголь, кокс, и т.д.), жидкое (бензин, дизель, керосин, мазут и т.д.), и газообразное (природный газ, водород, пропан, и т.д.). Благодаря тому, что при сжигании топлива выделяется тепловая энергия, её можно преобразовывать в другие виды энергии. Например, на тепловых станциях тепло преобразуют в электроэнергию. Чаще всего на таких станциях используют уголь, природный газ, щепу, реже – мазут. У каждого из них разный состав, а, следовательно, и разное количество выделяемой тепловой энергии при расчёте на 1 кг или 1 м<sup>3</sup>. От этого зависит эффективность тепловой станции (чем больше тепловой энергии выделяет топливо, тем эффективнее работает станция). Количество выделяемой теплоты зависит в основном от содержания в нем различных химических элементов, как органических, так и простых. Чем больше процентное содержание одного из элементов, при сжигании которого выделяется большее количество тепла по сравнению с другими в составе топлива, тем больше энергии выделяется при сжигании.

При расчёте количества выделяемой тепловой энергии твердое и жидкое топливо схожи по вычислению. И там, и там расчёт делается на единицу массы (кг), а в газообразном топливе – на единицу объёма (м<sup>3</sup>) [1]. Если мы будем знать сколько каждого вещества в процентном соотношении содержится в горючем веществе, то сможем определить сколько всего энергии выделится. Так же мы сможем рассчитать нужное количество воздуха, необходимого для сжигания 1 кг (1 м<sup>3</sup>) топлива.

Существуют формулы для определения количества теплоты и воздуха для твёрдого, жидкого и газообразного видов горючего. Как отмечалось ранее, что твёрдое и жидкое топливо схожи, то и нужные нам величины считаются одинаково.

Сперва разберёмся с твёрдым и жидким топливом. Формула для расчёта выделяемой тепловой энергии следующая:

$$Q_H^p = 338C^p + 1025H^p - 108.5(O^p - S^p) - 25W^p, \quad (1)$$

где  $C^p$ ,  $H^p$ ,  $O^p$ ,  $S^p$ ,  $W^p$  – процентное содержание углерода, водорода, кислорода, серы и влаги в топливе соответственно.

Размерность найденной величины –  $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ . Для перевода в  $\frac{\text{ккал}}{\text{кг}}$  необходимо разделить полученное количество теплоты на 4.184.

Формула для расчёта необходимого количества воздуха (теоретическая):

$$V_0 = 0.089C^p + 0.265H^p + 0.033(S^p - O^p) \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right] \quad (2)$$

Чтобы найти действительное количество воздуха, которое требуется для сжигания 1 кг топлива,  $V_0$  следует умножить на  $\alpha$  (коэффициент избытка воздуха):

$$V_{\text{возд}} = V_0 \cdot \alpha \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{кг}} \right] \quad (3)$$

Что касается газообразного топлива, то тут все по-другому, поскольку данный вид топлива содержит в основном органические элементы. Количество теплоты здесь будет равно:

$$Q_H^p = 108H_2 + 126CO + 234H_2S + 358CH_4 + 638C_2H_6 + 913C_3H_8 + \quad (4)$$

$$+ 1187C_4H_{10} + 1461C_5H_{12} + 591C_2H_4 + 860C_3H_6 + 1135C_4H_8 + 1403C_6H_6,$$

где:  $H_2$ ,  $CO$ ,  $H_2S$ ,  $CH_4$ ,  $C_2H_6$ ,  $C_3H_8$ ,  $C_4H_{10}$ ,  $C_5H_{12}$ ,  $C_2H_4$ ,  $C_3H_6$ ,  $C_4H_8$ ,  $C_6H_6$  – процентное содержание данных химических элементов.

Здесь  $Q_H^p$  рассчитывается на 1 м<sup>3</sup> горючего  $\left( \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3} \right)$ .

Теоретический объем воздуха:

$$V_0 = 0.0476 \left[ 0.5CO + 0.5H_2 + 1.5H_2S + \sum \left( m + \frac{n}{4} \right) C_mH_n - O_2 \right] \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \right]. \quad (5)$$

Действительный объем воздуха:

$$V_{\text{возд}} = V_0 \cdot \alpha \left[ \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3} \right]. \quad (6)$$

При помощи языка программирования С++ был реализован алгоритм, который позволяет считать все необходимые величины за считанные секунды, нежели считать это вручную, позволяет избежать ошибок в расчетах. К преимуществам данной программы можно отнести удобный интерфейс, понятный пользователю. Программа позволяет автоматизировать процесс подсчета, облегчает понимание процесса, наглядно демонстрирует показатели. С++ – высокоуровневый язык программирования, изучив который, обучающийся получает широкие возможности и свободу действий [2]. В современном мире крайне актуально использовать программные продукты как на производстве, так и в процессе обучения.

При запуске программы пользователь, получивший задание, выбирает вид топлива: жидкое, твёрдое или газообразное, вводит процентное содержание каждого из элементов в составе топлива и коэффициент избытка воздуха, и, после нажатия на кнопку "Рассчитать", программа выводит все величины, которые нужны при расчетах в котельных установках. Пример окна для ввода данных и получения результата приведён на рисунке 1.

The screenshot shows a window titled "FuelCalc" with a light blue background. At the top left, it says "Вид топлива:" followed by a dropdown menu set to "Твердое". Below this, there are input fields for  $\alpha = 3$  %,  $V_0 = 8,655$  м<sup>3</sup>/кг,  $V_{\text{возд}} = 25,965$  м<sup>3</sup>/кг,  $Q_H^p = 32737,5$  кДж/кг, and  $Q_H^p = 7824,450$  ккал/кг. On the left side, there is a group of input fields for elemental percentages:  $C_p = 12$  %,  $H_p = 30$  %,  $O_p = 17$  %,  $S_p = 6$  %, and  $W_p = 35$  %. At the bottom right, there is a blue button labeled "Рассчитать".

Рисунок 1 – Внешний вид программы

При расчёте газообразного топлива, алгоритм аналогичен как в случае с твёрдым либо жидким топливом.

Рисунок 2 – Внешний вид программы

### Заключение

Многофункциональность объектно–ориентированного языка программирования С++ позволяет создавать программы, в основе которых лежат сложные алгоритмы, которые при правильной реализации, помогают существенно снизить скорость расчётов и погрешности вычислений. Такие программы удобно использовать в образовательном процессе, при выполнении практических и лабораторных работ, так же они позволяют качественно определять нужные величины при выполнении курсовых работ. Основным преимуществом данной программы является скорость расчёта. От пользователя требуется выбрать вид топлива и ввести данные, а в результате он получит полный анализ величин, которые характеризуют процесс сгорания топлива, что крайне важно в энергетике.

### Литература

1. Жихар, Г. И. Котельные установки тепловых электростанций : учеб. пособие / Г. И. Жихар. – Минск : Вышэйшая школа, 2015. – 523 с.
2. Прата, С. Язык программирования С++. Лекции и упражнения / С. Прата. – М. : Вильямс, 2014. – 1244 с.