

Рис. 3. Абсолютная погрешность вычислений

На основе приведенных формул и ограничений можно находить равновесные составы других веществ. Для системы магний-цинк абсолютная погрешность не превысила 2 Дж, а относительная погрешность составила 0,007 %.

Список использованных источников

1. COST 507. Definition of thermochemical and thermophysical properties to provide a database for the development of new light alloys. Thermochemical database for light metal alloys. Volume 2 / Edited by Ansara, A. T. Dinsdale, M. H. Rand. – July 1998. – EUR 18499 EN.
2. What is OpenCalphad? [Электронный ресурс] – URL: <https://www.opencalphad.com/> (дата обращения 09.04.2024).
3. Saunders N., Miodownik A. P. (ed.). CALPHAD (calculation of phase diagrams): a comprehensive guide. – Elsevier, 1998.

УДК 004.422.81:62-976

Е. Н. Кормина, В. А. Гольцев

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ РАСЧЕТА ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ДЫМОТВОДЯЩИХ ТРАСС

Аннотация. В данной статье представлено описание программного продукта, основной функцией которого является расчет газодинамического сопротивления дымоотводящих трасс. В статье рассмотрены способы расчёта сопротивлений, возникающих на пути движения дымовых газов, а также представлены математические формулы, лежащие в основе программы. Программа разработана с целью автоматизации процесса расчетов и упрощения

работы инженеров и проектировщиков. Разработанный программный продукт предоставляет возможность расчета потерь давления при движении продуктов сгорания по газоходу, сокращая тем самым рутинную работу по типовым расчетам, а также наглядно отображает численные результаты в графическом формате.

Ключевые слова: дымоотводящая трасса, автоматизация, потери давления, местные сопротивления, геометрическое давление.

Abstract. This article describes a software product, the main function of which is the calculation of the gas-dynamic resistance of smoke exhaust routes. The article discusses the methods of calculating the resistances arising in the path of flue gas movement, and also presents the mathematical formulas underlying the program. The program is designed to automate the calculation process and simplify the work of engineers and designers. The developed software product provides the ability to calculate pressure losses during the movement of combustion products through the flue, thereby reducing routine work on standard calculations, and also visually displays numerical results in a graphical format.

Key words: smoke extraction route, automation, pressure losses, local resistances, geometric pressure.

Введение. Современная металлургия характеризуется разработкой, внедрением и широким использованием информационных систем и технологий. Одним из важнейших условий создания эффективных информационных систем в промышленности сегодня является разработка программного обеспечения, которое позволяет получать расчетным путем новой обширной информации о процессах, происходящих в промышленных агрегатах и анализировать полученные результаты.

Расчет газодинамического сопротивления по всей дымоотводящей трассе необходим для определения эффективности работы теплогенерирующего оборудования и обеспечения его надлежащего функционирования, а также для определения мер для компенсации этих потерь. Методами устранения недостатков в работе технологического оборудования, связанного с неэффективностью отвода продуктов сгорания может быть установка более мощных дымососов или корректировка диаметра дымовой трассы. Возможными методами уменьшения газодинамического сопротивления трассы может послужить и оптимизация процесса ее проектирования и прежде всего выбор местных сопротивлений.

Важно отметить, что суммарные потери давления должны быть в пределах допустимых значений, установленных нормами и правилами безопасности. Это обеспечивает безопасность работы системы и предотвращает возможные аварийные ситуации.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка программного обеспечения для расчета газодинамического сопротивления и проектирования дымоотводящих трасс, обусловленная экономией времени на выполнение работы инженера.

Описание объекта информатизации. Объектом информатизации являются дымоотводящие трассы, также называемые дымоходами, представляющие собой инженерные конструкции, предназначенные для эффективного удаления дыма и газов, образующихся при сжигании топлива в технических устройствах, таких

как котлы, печи, газовые турбины и другие. Они играют важную роль в обеспечении безопасности и комфорта в производственных зданиях и сооружениях, так как обеспечивают эффективное удаление вредных продуктов сгорания (рис. 1).



Рис. 1. Пример участка дымоотводящей трассы

Движение реальных газов внутри каналов и труб связано с затратами энергии на преодоление трения о стенки и преодоление потоком отдельных элементов, называемых местными сопротивлениями.

В результате этих потерь, характеризующих гидравлическое сопротивление трассы, уменьшается полное давление движущегося потока за счет уменьшения статического давления, а затраченная механическая энергия необратимо превращается в тепловую, которая частично остаётся в потоке, увеличивая его внутреннюю энергию, а частично рассеивается в окружающее пространство.

Суммарные потери давления на простой дымовой трассе будут складываться из потерь энергии на трение, на местных сопротивлениях с учетом геометрического давления, то есть

$$\sum \Delta P = \sum \Delta P_{\text{тр}} + \sum \Delta P_{\text{мс}} + \sum \Delta P_{\text{геом.}}$$

Это потери давления, составляющие общее сопротивление всей дымовой трассы.

Описание технологий расчета. Расчёт потерь давления на трение производим по формуле Дарси-Вейсбаха:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \lambda \frac{L}{d} \frac{w^2}{2} \rho, \text{ Па,}$$

где λ – коэффициент сопротивления трения; ρ , w – соответственно плотность и скорость движения дымовых газов при рабочих условиях, кг/м³, м/с; L – длина участка, м; d – диаметр участка, м.

Величину потерь давления на местных сопротивлениях выражают формулой:

$$\Delta P_{\text{мс}} = \xi \frac{w^2}{2} \rho, \text{ Па,}$$

где ξ – коэффициент местного сопротивления; ρ , w – соответственно плотность и скорость дымовых газов при рабочих условиях на участке, кг/м³, м/с.

Геометрическое давление рассчитывается на отдельных вертикальных участках дымоотводящей трассы, с помощью уравнения:

$$\Delta P_{\text{геом}} = gh(\rho_1 - \rho_2), \text{ Па,}$$

где g – ускорение свободного падения равное $9,81 \text{ м/с}^2$; h – разность высот вертикальных участков, м; ρ_1 и ρ_2 – плотность воздуха и дымовых газов соответственно снаружи и внутри трассы, кг/м^3 .

Разработка программного продукта. Разработку программного продукта на языке C# будем вести в среде разработки Visual Studio 2022 с использованием платформы ASP.NET Core. Visual Studio — это мощное средство разработчика, которое можно использовать для выполнения всего цикла разработки в одном месте. Это комплексная интегрированная среда разработки (IDE), которую можно использовать для записи, редактирования, отладки и сборки кода, а затем развертывания приложения. Помимо редактирования и отладки кода Visual Studio включает компиляторы, средства завершения кода, управление версиями, расширения и многое другое, чтобы улучшить каждый этап процесса разработки программного обеспечения.

ASP.NET Core – это современный веб-фреймворк с открытым исходным кодом для создания для создания современных облачных приложений, подключенных к Интернету. Он является кроссплатформенным, что означает, что его можно использовать для создания приложений, которые работают на Windows, macOS и Linux. ASP.NET Core также является модульным, что означает, что вы можете выбрать только те функции, которые вам нужны.

Использование технологии Razor Pages служит новым подходом к созданию веб-страниц в ASP.NET Core. Она основана на модели, которая упрощает создание динамических веб-страниц. Razor Pages также поддерживает модель представления-контроллера-модели (MVC), что означает возможность использования шаблонов Razor для создания представлений, классы контроллеров для обработки запросов и классы моделей для хранения данных.

Разработанный программный продукт позволяет пользователям вводить различные параметры дымоотводящей трассы. На рисунке 2 показаны входные данные, которые необходимо ввести пользователю для начала расчета. Это расход и температура продуктов сгорания, температура окружающего воздуха, а также состав дымовых газов.

Расход продуктов сгорания при н.у., $\text{м}^3/\text{с}$	0,1
Температура продуктов сгорания на входе, $^{\circ}\text{C}$	500
Температура окружающего воздуха, $^{\circ}\text{C}$	20
Состав дымовых газов, %	
co2	10
h2o	15
n2	70
o2	5
Добавить участок	

Рис. 2. Исходные данные, вводимые пользователем

Также присутствует проверка на корректность ввода данных, например, на рисунке 3 показано предупреждение о том, что состав газов задан пользователем неверно.

Состав дымовых газов указан неверно. Сумма не равна 100%

Расход продуктов сгорания при н.у., м ³ /с	0,1
Температура продуктов сгорания на входе, С	500
Температура окружающего воздуха, С	20

Состав дымовых газов, %

co2	11
h2o	15
n2	70
o2	5

[Добавить участок](#)

Рис. 3. Проверка ввода данных

После ввода всех необходимых данных, появляется возможность добавления участков трассы и заполнения необходимых параметров для расчета потерь давления (рис. 4). Пользователь может добавлять прямые участки, местные сопротивления и добавлять потери геометрического давления.

Добавление участка ×

Тип участка Прямой участок

$w \rightarrow$

Тип канала Дымовые трубы металлические

Длина, м 4

Диаметр, м 5

Температура на входе, С 500

Потери давления, Па 6,591402277065587E-07

[ОК](#) [Отмена](#)

Рис. 4. Добавление участка трассы

После ввода данных немедленно происходит выполнение расчетов, и мы можем наблюдать результаты наших вычислений по каждому из участков (рис. 5).

Расход продуктов сгорания при н.у., м³/с	0,1
Температура продуктов сгорания на входе, С	500
Температура окружающего воздуха, С	20

Состав дымовых газов, %

co2	10
h2o	15
n2	70
o2	5

Вход в канал

t: 500,00C d: 0,30м P: 1,835Па w: 4,006м/с p: 0,458кг/м³ E: 0,500

Прямой участок

t: 490,00C d: 0,30м P: 2,416Па w: 3,954м/с p: 0,464кг/м³

Рис. 5. Результаты расчета при добавлении участка трассы

В результате сложения сопротивления давлений на отдельных участках можно рассчитать суммарные потери на всей трассе.

Графическая часть программы отображает значение падение давления на участках трассы в виде гистограммы, что помогает пользователям легко интерпретировать полученные данные (рис. 6).

Расчет газодинамического сопротивления дымоотводящих трасс

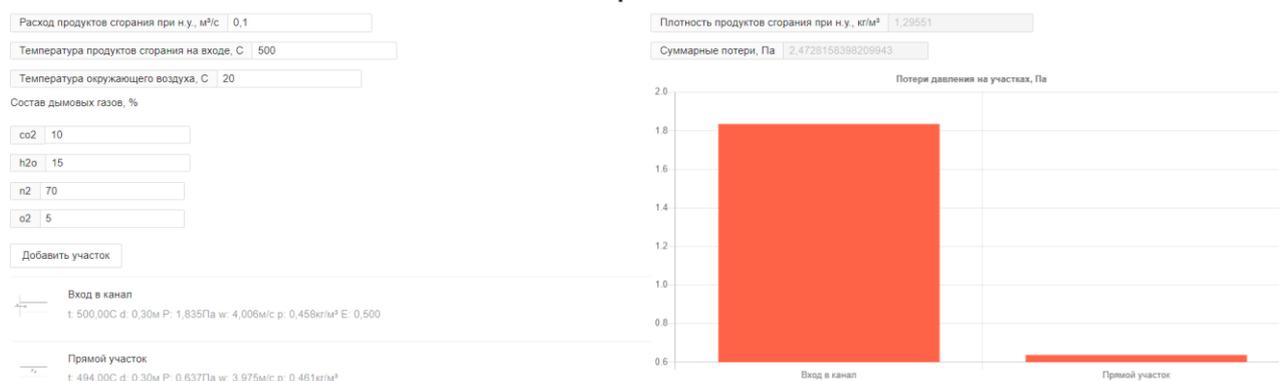


Рис. 6. Расчет потерь давления

Разработанный программный продукт предназначен для инженеров и проектировщиков, занимающихся проектированием дымоотводящих трасс, а также для специалистов по безопасности и охране труда, которые заинтересованы в эффективном удалении дыма и газов из зданий и сооружений.

Заключение. В результате проделанной работы был разработан программный продукт, который позволяет рассчитать потери давления по всей дымовой

трассе. В результате автоматизации расчета сокращено время, затрачиваемое на расчеты ранее. Также преимуществом является наличие графической части отображения полученных результатов.

Список использованных источников

1. Рихтер Л.А. Газовоздушные тракты тепловых электростанций. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 264 с.
2. Волков Э.П., Гаврилов Е.И., Дужих Ф.П. Газоотводящие трубы ТЭС и АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 280 с.
3. Рихтер Л.А. Тепловые электрические станции и защита атмосферы. – М.: «Энергия», 1975. – 312 с.
4. Кашников С.П., Цыганков В.Н. Расчет котельных агрегатов в примерах и задачах. – М.: ГОСЭНЕРГОИЗДАТ, 1951. – 240 с.
5. Рабинович О.М. Котельные агрегаты: учеб. пособие для вузов. – М.: Машгиз, 1963. – 460 с.
6. Мочана С.И. аэродинамический расчет котельных установок. – Л.: Энергия, 1977. – 256 с.
7. Коэффициенты местного сопротивления [Электронный ресурс]. URL: <http://thermalinfo.ru/eto-interesno/koeffitsienty-mestnogo-soprotivleniya>.
8. Аэродинамический расчет [Электронный ресурс]. URL: <https://prostobuild.ru/onlainraschet/265-aerodinamicheskij-raschet-onlayn.html>.
9. Введение в Razor Pages в ASP.NET Core [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/razor-pages/>.
10. Общие сведения об ASP.NET Core [Электронный ресурс]. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/introduction-to-aspnet-core>.

УДК 004

В. Д. Корниенко, М. Ю. Наркевич, О. С. Логунова

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет имени Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА КАЧЕСТВО ЭЛЕМЕНТОВ ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, С ПОЗИЦИЙ АНАЛИЗА И КЛАССИФИКАЦИИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Аннотация. Целью работы являлось изучение системных факторов влияния на качество элементов опасных производственных объектов, эксплуатируемых на территории промышленного предприятия, с позиций системного анализа и классификации данных. Объектом исследования являлась разработанная контекстная модель системы менеджмента качества металлургического предприятия, эксплуатирующего опасные производственные объекты, которая описывает факторы, влияющие на качество элементов опасных производственных объектов. Предметом исследования являлась структура фактора цифровизации процессов