

УДК 621.644.07

**ПРОГРАММА ДЛЯ БЫСТРОГО РАСЧЕТА ТОЛЩИНЫ СТЕНКИ ПРЯМЫХ ТРУБ И КОЛЕН С ОПРЕДЕЛЕНИЕМ ПАРКОВОГО РЕСУРСА
A PROGRAM FOR FAST CALCULATION OF WALL THICKNESS FOR STRAIGHT PIPES AND ELBOWS WITH DETERMINATION OF SERVICE RESOURCE**

З.В. Ковганов, А.Н. Медведева

Научные руководители – В.А. Романко, старший преподаватель,

А.Г. Герасимова, к.т.н., доцент

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

Z. Kovganov, A. Medvedeva

Supervisors – V. Romanko, Senior Lecturer,

A. Gerasymova, Candidate of Technical Sciences, Docent

Belarusian national technical university, Minsk

***Аннотация:** расчет минимально допустимой толщины стенки прямых трубопроводов и гибов, а также определение паркового ресурса трубопровода с помощью программы, разработанной на языке программирования C++.*

***Abstract:** calculation of the minimum allowable wall thickness of straight pipelines and bends, as well as determination of the service resource of the pipeline using a program developed in the C++ programming language.*

***Ключевые слова:** трубопровод, расчет, толщина стенки, парковый ресурс, программа, сталь, колено.*

***Keywords:** pipeline, calculation, wall thickness, service resource, program, steel, elbow.*

Введение

Одним из самых важных элементов на тепловой электростанции (ТЭС) являются трубопроводы, благодаря которым соединяется все основное оборудование и по которым происходит транспортировка рабочих сред (пара, воды, масла и т.д.). Все трубопроводы играют важную роль в функционировании ТЭС, обеспечивая передачу теплоты, необходимой для производства электроэнергии [1]. Исходя из этого, при проектировании каких-либо трубопроводных систем на станции каждая труба рассчитывается на прочность и стойкость к различным воздействиям. Также необходимо строго контролировать состояние каждого трубопровода, чтобы обеспечить надежное и безаварийное функционирование электростанции, и, в случае чего, вовремя произвести ремонт или замену вышедшего из строя оборудования.

Каждое действие, связанное с проектированием или заменой трубопроводных систем, сопровождается различными инженерными расчетами. В них входит: выбор материала трубопровода, расчет толщины стенки трубы (прочностной расчет), определение срока службы (ресурса) и многое другое. Каждая операция по расчету должна быть точная и иногда с некоторым запасом на случай возникновения нештатных ситуаций. Для исключения различных ошибок в расчетах и для более быстрого определения искомых величин была

разработана компьютерная программа (рисунки 1, 2), с помощью которой можно рассчитать толщину стенки трубопровода и его парковый ресурс.

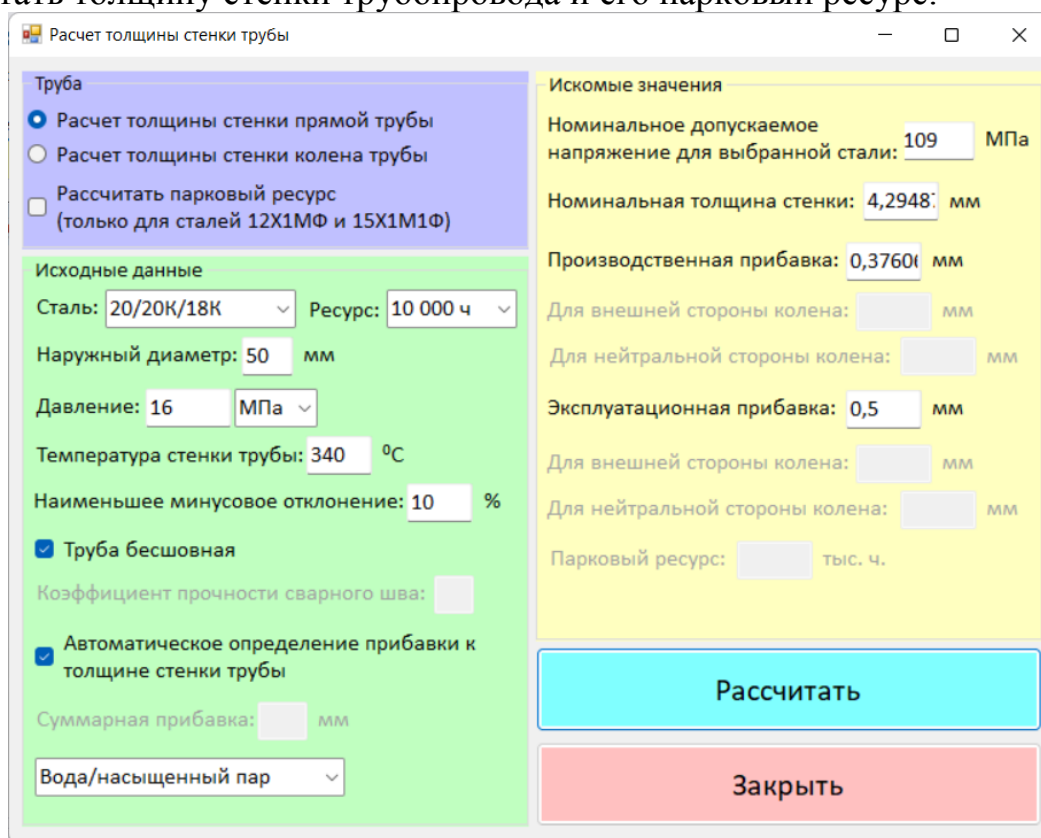


Рисунок 1 – Внешний вид программы

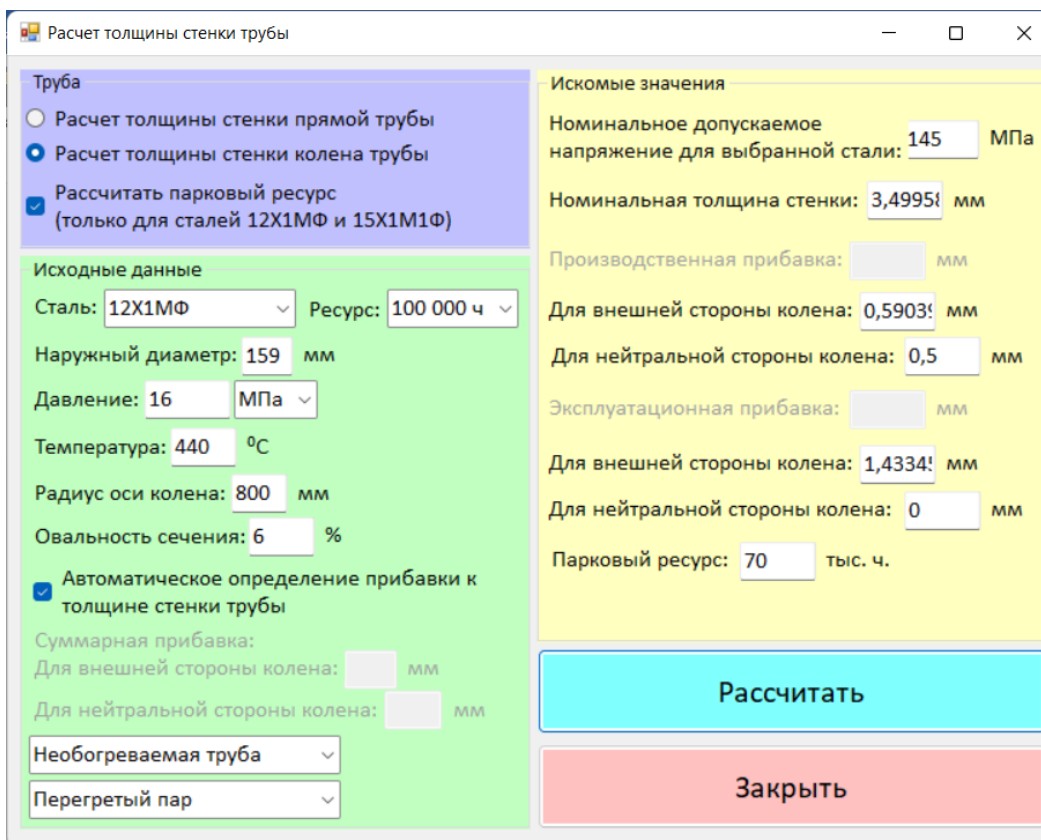


Рисунок 2 – Внешний вид программы

Основная часть

Расчет толщины стенки прямых трубопроводов и гибов в программе реализован по следующим формулам [2]:

Расчетная толщина стенки трубы:

$$s_R = \frac{pD_a}{2\varphi_\omega[\sigma]+p}, \quad (1)$$

где p – давление, МПа;

D_a – наружный диаметр трубы, мм;

φ_ω – безразмерный коэффициент прочности спирального или продольного сварных швов (для бесшовных труб $\varphi_\omega = 1$);

$[\sigma]$ – номинальное допускаемое напряжение, МПа. Определяется в соответствии с материалом, из которого изготовлена труба [2, приложение 2].

Номинальная толщина стенки трубы:

$$s = s_R + c, \quad (2)$$

где c – суммарная прибавка к расчетной толщине стенки трубы, мм. Определяется путем сложения эксплуатационной и производственной прибавки [2, приложение 3].

Для изогнутых участков трубопроводов толщина стенки определяется по следующим формулам:

$$s_{R1} = s_R K_1 Y_1; \quad s_{R3} = s_R K_3 Y_3, \quad (3)$$

где s_{R1}, s_{R3} – расчетная толщина стенки на внешней и нейтральной стороне колена соответственно, мм;

K_1, K_3 – безразмерный торовый коэффициент внешней и нейтральной стороны колена соответственно;

Y_1, Y_3 – безразмерный коэффициент формы внешней и нейтральной стороны колена соответственно.

$$K_1 = \frac{4\frac{R}{D_a}+1}{4\frac{R}{D_a}+2}; \quad K_3 = 1, \quad (4)$$

где R – радиус гiba, мм.

В зависимости от типа стали и температуры стенки коэффициенты формы рассчитываются по следующим формулам:

Для колен из углеродистой стали с температурой стенки, не превышающей 350°C, а также для колен из легированной стали с температурой стенки, не превышающей 400°C:

$$Y_1 = 0,12 \left(1 + \sqrt{1 + 0,4q \frac{a}{\alpha}} \right); \quad Y_3 = 0,12 \left(1 + \sqrt{1 + 0,4 \frac{a}{\alpha}} \right), \quad (5)$$

где a – овальность сечения, %;

α, q – безразмерные коэффициенты, определяемые по формулам:

$$\alpha = \frac{p}{2[\sigma]+p}; \quad q = 2\alpha \frac{R}{D_a} + 0,5. \quad (6)$$

Для колен из углеродистой стали с температурой стенки, превышающей 400°C, а также для колен из легированной стали с температурой стенки, превышающей 450°C:

$$Y_1 = 0,4 \left(1 + \sqrt{1 + 0,015q \frac{a}{\alpha}} \right); Y_3 = 0,4 \left(1 + \sqrt{1 + 0,015 \frac{a}{\alpha}} \right), \quad (7)$$

Для колен из углеродистой стали с температурой стенки, находящейся в пределах от 350°C до 400°C, а также для колен из легированной стали с температурой стенки, находящейся в пределах от 400°C до 450°C коэффициенты формы определяются по формулам (5) и (7) путем линейного интерполирования в зависимости от температуры.

Также при расчете гибов находятся две прибавки: одна прибавка для внешней стороны колена, вторая – для нейтральной [2, приложение 3].

Номинальная толщина стенки будет равна:

$$s_1 = s_{R1} + c; s_3 = s_{R3} + c; s = \max(s_1, s_3). \quad (8)$$

Также в программе присутствует расчет паркового ресурса трубопровода. Он определяется только для труб, изготовленных из сталей 15X1M1Ф и 12X1MФ, по численному значению коэффициента запаса прочности, рассчитываемому по следующей формуле:

$$K = \frac{3[\sigma]s}{p(D_a - s)}, \quad (9)$$

где $[\sigma]$ – определяется для расчетного ресурса равного 100 000 часам.

В программе помимо вывода на экран численных значений толщины стенки и паркового ресурса трубопроводов присутствует отображение номинального допускаемого напряжения для выбранной стали и прибавок. Благодаря этому, с помощью программы можно также дополнительно определять промежуточные расчетные значения. Также в программе присутствует ручной ввод прибавок к расчетной толщине стенки трубы на случай, если автоматическое их вычисление не корректно для данного расчета.

Заключение

Таким образом, благодаря разработанной программе можно за несколько секунд рассчитать толщину стенки трубопровода и определить его парковый ресурс, в то время как расчет вручную занял бы несколько минут. Все вычисления производятся с высокой точностью, так как их производит компьютер, что также исключает какие-либо ошибки со стороны человека. Применение в подобных расчетах возможностей языка C++ существенно помогает в сложных и многочисленных вычислениях в энергетике.

Литература

1. Ковганов, З.В. Тепловая электрическая станция небольшой мощности на органическом цикле Ренкина = Small capacity thermal power plant operating on the organic Rankine cycle / З.В. Ковганов, Е.В. Таранко; науч. рук. Е.В. Пронкевич // Актуальные проблемы энергетики - 2022 [Электронный ресурс]: материалы студенческой научно-технической конференции / сост.: И.Н.

Прокопеня, Т.А. Петровская; редкол.: Е.Г. Пономаренко (пред.) [и др.]. – Минск: БНТУ, 2022. – С. 420–422.

2. Контроль и диагностика теплового оборудования ТЭС: учебно-методическое пособие для студентов дневной формы обучения специальности 1-43 01 04 «Тепловые электрические станции» / А.Г. Герасимова, Н.Б. Карницкий. – Минск: БНТУ, 2009. – 123 с.