

УДК 735.29.(32)

Я.К. Плечикова, А.О. Харитонов\*

Российский химико-технологический университет им. Д.И. Менделеева, Москва, Россия

125047, Москва, Миусская площадь, дом 9

\* e-mail: aharitonov@muctr.ru

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЗАЩИТНОГО КОЖУХА МАГИСТРАЛЬНОГО ТРУБОПРОВОДА МЕТОДОМ ПЛАНИРОВАНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

В работе представлена методика определения рациональных параметров теплового защитного кожуха трубопровода с использованием метода планирования экспериментов. В качестве целевой функции принимали интенсивность теплового потока на наружной поверхности кожуха при этом варьируемыми параметрами являлись величина воздушного зазора и толщина теплоизолирующего слоя. Обработку экспериментальных данных выполняли с использованием программы STATISTICA.

**Ключевые слова:** тепловая защита, трубопровод, параметры, математическое планирование эксперимента, STATISTICA.

Конструктивное совершенствование тепловой защиты трубопроводов позволяет при одноразовом вложении незначительных средств, связанных с удорожанием стоимости кожуха, получать экономию за счет уменьшения тепловых потерь на протяжении всего срока эксплуатации трубопровода. Сложные процессы конвективного теплообмена между трубой и внутренней поверхностью кожуха, рассеяние тепла с его наружной поверхности в окружающую среду затрудняют получение зависимости для определения геометрических параметров, обеспечивающих минимальную теплопотерю.

В данной работе представлена методика определения рациональных параметров теплового защитного кожуха трубопровода основанная на использовании метода планирования экспериментов. В качестве целевой функции принимали интенсивность теплового потока  $S$  на наружной поверхности кожуха, при этом варьируемыми параметрами являлись величина воздушного зазора  $\Delta$  и толщина теплоизолирующего слоя  $\delta$  (рис. 1).

Интенсивность теплового потока  $S$  определяли численным моделированием теплообменного процесса с использованием программного пакета Ansys 5.5 ED, реализующего метод конечных элементов. При выполнении математического планирования численных экспериментов значения

варьируемых параметров  $\Delta$  и  $\delta$  задавали в величинах, отнесенных к величине диаметра трубопровода  $D$ . Интенсивность теплового потока задавали в безразмерных единицах, отнесенных к величине интенсивности потока  $S_0$  основного уровня варьирования факторов (табл.1).

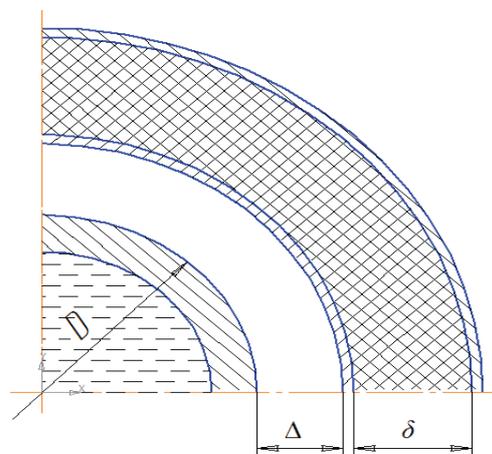


Рис. 1. Схема тепловой защиты трубопровода

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

| Факторы  | Код   | Основной уровень ( $x_{i0}$ ) | Интервал варьирования | Верхний уровень ( $x_i = +1$ ) | Нижний уровень ( $x_i = -1$ ) | Звездная точка $+\alpha$ ( $x_i = +1,414$ ) | Звездная точка $-\alpha$ ( $x_i = -1,414$ ) |
|----------|-------|-------------------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------------------|---|---|
| $\Delta$ | $X_1$ | 0,25                          | 0,1                   | 0,35                           | 0,15                          | 0,39  | 0,11  |
| $\delta$ | $X_2$ | 0,3                           | 0,1                   | 0,4                            | 0,2                           | 0,44  | 0,14  |

В соответствии с построением симметричного композиционного ротатбельного униформплан второго порядка [1], эксперимент включал в себя двенадцать опытов: 4 – составляли полный факторный эксперимент, 4 – в звездных точках и 4 – в центре плана. Статистический анализ результатов численного эксперимента с использованием программного пакета Statistica позволил получить квадратичное уравнение регрессии:

$$S = 2,8903 - 6,4083X_1 - 3,1464X_2 - 2,4572X_1^2 + 11,85X_1X_2 - 4,2192X_2^2 \quad (1)$$

Анализ линейных весовых коэффициентов уравнения регрессии (1) свидетельствует о том, что влияние на уменьшение теплового потока  $S$  через теплозащитный кожух первого фактора, а именно

величины воздушного зазора  $\Delta$  в два раза существеннее влияния толщины теплоизолирующего слоя  $\delta$ .

Графическое отображение функции отклика  $S$  представлено на рис. 2.

Результаты проведенного анализа позволили сделать следующие выводы:

1. Наиболее эффективным для уменьшения тепловых потерь следует считать увеличение воздушного зазора между трубопроводом и защитным кожухом.
2. Увеличение толщины теплоизолирующего слоя также приводит достижению искомого эффекта, но конструктивное исполнение может потребовать дополнительного расхода материала в связи с увеличением наружного размера трубопровода.

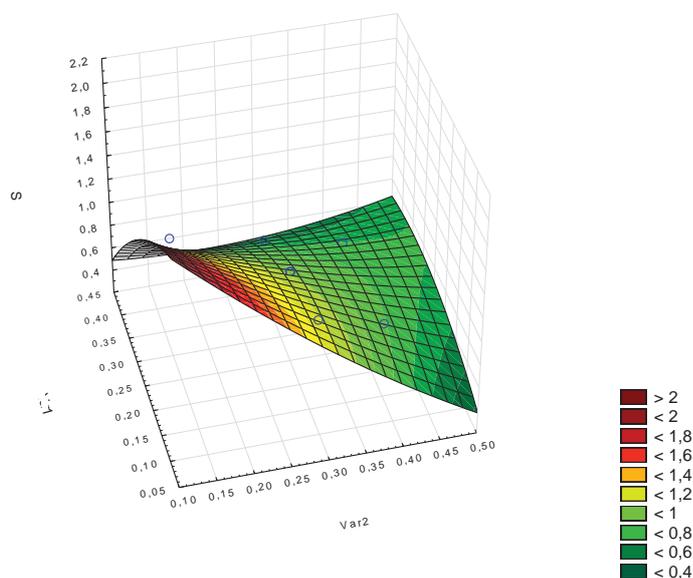


Рис. 2. Var1 - величина воздушного зазора; Var2 - толщина теплоизолирующего слоя

*Плечикова Яна Константиновна, магистранка 2 курса факультета Инженерной химии РХТУ им. Д. И. Менделеева, Россия, Москва.*

*Харитонов Александр Олегович, профессор, докт. техн. наук, заведующий кафедрой стандартизации и инженерно-компьютерной графики РХТУ им. Д. И. Менделеева, г. Москва,*

#### Литература

1. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. — 304 с.

*Plechikova Yana Konstantinovna, Kharitonov Alexander Olegovich\**

D.I. Mendeleev University of Chemical Technology of Russia, Moscow, Russia.

\* alharitonov@yandex.ru

## DETERMINATION OF RATIONAL PARAMETERS OF PROTECTIVE CASING MAGISTRALNAJA PIPELINE METHOD OF PLANNING OF EXPERIMENTS

### Abstract

In work the technique of definition of rational parameters of the thermal protective cover of pipeline with the use of the method of planning of experiments. As the objective function took the intensity of the heat flux on the outer surface of the casing. The variable parameters were the magnitude of the air gap and the thickness of the insulating layer. The experimental data were performed using the program STATISTICA.

**Key words:** thermal protection, pipeline, mathematical planning of experiments, STATISTICA.