

ЖУЧЕНКО А. І., д.т.н., проф.; ЧЕРЬОПКІН Є. С., ас.  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ РОЗРАХУНКУ ПРОГРІВАННЯ ПАПЕРОВОГО ПОЛОТНА

Запропоновано програмну реалізацію в середовищі LabVIEW розрахунку оптимального температурного графіка прогрівання паперового полотна на сушильній частині папероробної машини. Наведено структуру програми та детально описано її складові.

**Ключові слова:** LabVIEW, оптимальний температурний графік, алгоритм розрахунку, сушильна частина папероробної машини.

© Жученко А. І., Черьопкін Є. С., 2015.

**Постановка проблеми.** Під час керування прогріванням паперового полотна необхідно знати оптимальні температури паперу на виході з кожного сушильного циліндра й ділянок вільного руху. Це надає змогу формувати керівні впливи, що забезпечують одержання паперового полотна з необхідними якісними показниками.

**Метою** статті є програмна реалізація алгоритму розрахунку оптимального температурного графіка прогрівання паперового полотна на сушильній частині папероробної машини (ПРМ) з урахуванням динаміки змінення вхідних параметрів, а також розмірів і режиму роботи сушильної частини машини.

**Програмна реалізація.** Програму для розрахунку оптимального температурного графіка прогрівання паперового полотна розроблено в середовищі LabVIEW [1]. Вибір цього продукту обумовлений можливістю взаємодії із зовнішніми об'єктами (датчиками, розташованими на об'єкті керування), зручним об'єктно-орієнтованим програмуванням, швидкодією під час розрахунку динамічних систем (можливістю оброблення даних у реальному часі). В основу роботи програми покладено алгоритм розрахунку [2] з додатковими модулями деталізації даних про вхідні параметри процесу, а також розрахунку: тиску навколишнього середовища; тиску над поверхнею паперового полотна; тривалості перебування паперу на ділянці вільного руху; кроку нагрівання паперу на сушильному циліндрі з врахуванням зниження температури на попередній ділянці вільного руху; коефіцієнта масообміну як функції парціального тиску над поверхнею паперового полотна і в навколишньому середовищі. Робочий інтерфейс програми складається з блоків: вхідних параметрів паперу; параметрів сушильної частини ПРМ; параметрів навколишнього середовища; параметрів тепло- і масообміну; виведення результатів.

Параметри паперу		Завдання (температура на виході з останнього сушильного циліндра), С	
Температура паперу на початку сушіння, С	26,72	Вологість паперу на початку сушіння, кг/кг	1,78
Крок нагрівання на першому сушильному циліндрі, С	9,41	Маса 1м2 сухого полотна г/м2	60

Рис. 1 – Вхідні параметри паперу

залежно від паперу, що виробляється і зазвичай є сталою. “Крок нагрівання на першому сушильному циліндрі, °С” розраховується відповідно до особливостей сушіння конкретного виду паперу.

**Блок параметрів сушильної частини ПРМ** (рис. 2). Значення “Кількість циліндрів”, “Радіус сушильного циліндра, м”, “Горизонтальна відстань між циліндрами, м”, “Вертикальна відстань між циліндрами, м” і “Швидкість ПРМ, м/с” задають технологом відповідно до виду ПРМ і типу паперу, що виробляється. “Довжина ділянки вільного руху, м” і “Час перебування полотна на ділянці вільного руху, с” розраховують автоматично за даними про параметри сушильної частини ПРМ.

Параметри сушильної частини ПРМ		
Кількість циліндрів	Радіус сушильного циліндру (м)	Горизонтальна відстань між циліндрами (м)
8	1,5	0,3
Швидкість ПРМ (м/с)	Вертикальна відстань між циліндрами (м)	Довжина ділянки вільного руху (м)
8	2,5	2,8
Час перебування полотна на ділянці вільного руху, сек		
0,36		

### Блок вхідних параметрів паперу

(рис. 1). Параметри “Температура паперу на початку сушіння, °С”, “Вологість паперу на початку сушіння, кг/кг”, “Маса 1 м<sup>2</sup> сухого полотна, г/м<sup>2</sup>” надходять від датчиків температури, вологості й маси, встановлених на вході в сушильну частину ПРМ. “Завдання (температура на виході з останнього сушильного циліндра), °С” задається оператором

Рис. 2 – Параметри сушильної частини ПРМ

Параметри оточуючого середовища	
Температура оточуючого середовища, С	Парціальний тиск пари в оточуючому повітрі (Па)
20	2333

Рис. 3 – Параметри навколишнього середовища

Величини для розрахунків	
Коефіцієнт масообміну	Теплота пароутворення (кДж/кг)
0,1	2256
Теплоємність сухого полотна, кДж/(кг*К)	Теплоємність води, кДж/(кг*К)
1,43	4,2

Рис. 4 – Параметри тепло- і масообміну

**Блок параметрів оточуючого повітря** (рис. 3). Значення “Температура навколишнього середовища, °С” отримують від датчика температури, встановленого над сушильними циліндрами. “Парціальний тиск пари в навколишньому середовищі, Па” розраховують залежно від температури.

**Блок параметрів тепло- і масообміну** (рис. 4). Постійні значення “Теплота пароутворення, кДж/кг”, “Теплоємність сухого полотна, кДж/(кг · К)”, “Теплоємність води, кДж/(кг · К)” задають перед початком роботи системи. “Коефіцієнт масообміну” розраховують на основі даних про парціальний тиск на поверхні паперового полотна і в навколишньому середовищі.

**Блок виведення результатів роботи**

**програми** (рис. 5). Виведення результатів наведено у вигляді декількох елементів:

– масив «Температура паперу на виході з сушильного циліндра та ділянки вільного руху» (непарні елементи (1, 3, 5, ...,  $n$ ) – температура на сході з циліндрів; парні елементи (2, 4, 6, ...,  $m$ ) – температура в кінці ділянок вільного руху);

– масив «Зміна температури на сушильному циліндрі та ділянці вільного руху» (непарні елементи (1, 3, 5, ...,  $n$ ) – підвищення температури паперу на сушильних циліндрах; парні елементи (2, 4, 6, ...,  $m$ ) – зменшення температури на ділянках вільного руху);

– температурний графік нагрівання паперового полотна. Під час побудови графіка не враховували динаміку змінення температури за довжинами сушильного циліндра й ділянки вільного руху.

#### Можливості програми:

– під'єднання датчиків із сушильної частини ПРМ для одержання поточних значень вхідних величин і, як результат, – оперативне коригування графіка нагрівання паперового полотна;

– гнучкого налаштування роботи відповідно до параметрів сушильної частини й виду паперу, що виробляється;

– оброблення та експортування вихідних даних в інше програмне середовище для подальшого зберігання й використання.

Робочий інтерфейс програми наведено на рис. 6.

**Висновки і перспективи подальших досліджень.** Розроблено програму розрахунку оптимального температурного графіка прогрівання паперового полотна на сушильній частині папероробної машини. Вона надає змогу формувати керівні впливи, що забезпечують одержання паперового полотна з необхідними якісними показниками. У подальшому програму буде використано для побудови системи автоматичного керування прогріванням паперового полотна.

#### Список використаної літератури

1. *LabVIEW user manual*. National Instruments corp. – Austin, Taxes, 2014. – 310 p.
2. Черёпкин Е. С. Расчет прогрева бумажного полотна / Е. С. Черёпкин, А. И. Жученко // Вісн. нац. техн. ун-ту України «Київ. політехн. ін-т» ; сер. «Хім. інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2014. – № 2 (13). – С. 104–110.

Надійшла до редакції 15.05.2015

Температура паперу виході з сушильного циліндру та в кінці ділянки вільного руху															
37,2	31,4	46,5	40,7	55,7	49,8	65	53,8	74,2	62,1	83,5	64,7	92,7	72,2	102	79,4
Величина зміни температури на сушильному циліндрі та ділянці вільного руху															
9,26	-5,83	15,1	-5,81	15,1	-5,91	15,2	-11,2	20,4	-12,2	21,4	-18,8	28	-20,6	29,8	



Рис. 5 – Результати роботи програми

**Параметри паперу**

Температура паперу на початку сушіння, С: 27,48

Крок нагрівання на першому сушильному циліндрі, С: 9,314

Завдання (температура на виході з останнього сушильного циліндру), С: 102

Вологість паперу на початку сушіння, кг/кг: 1,98

Маса 1м2 сухого полотна г/м2: 60

**Параметри сушильної частини ПРМ**

Кількість циліндрів: 8

Радіус сушильного циліндру (м): 1,5

Горизонтальна відстань між циліндрами (м): 0,3

Швидкість ПРМ (м/с): 8

Вертикальна відстань між циліндрами (м): 2,5

Довжина ділянки вільного руху (м): 2,8

Час перебування полотна на ділянці вільного руху, сек: 0,36

**Параметри оточуючого середовища**

Температура оточуючого середовища, С: 20

Парціальний тиск пари в оточуючому повітрі (Па): 2333

Температура паперу виході з сушильного циліндру та в кінці ділянки вільного руху

35,7	30	45,2	39,5	54,6	48,9	64,1	53,2	73,6	61,7	83,1	64,5	92,5	72,2	102	79,6
------	----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	-----	------

Величина зміни температури на сушильному циліндрі та ділянці вільного руху

9,47	-5,73	15,2	-5,67	15,1	-5,72	15,2	-10,9	20,4	-11,9	21,4	-18,5	28	-20,3	29,8
------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	------	-------	----	-------	------

Температурний графік нагрівання паперового полотна

Номер сушильного циліндру	Температура паперу (°C)
0	35,7
1	30
2	45,2
3	39,5
4	54,6
5	48,9
6	64,1
7	53,2
8	73,6
9	61,7
10	83,1
11	64,5
12	92,5
13	72,2
14	102
15	79,6

**Величини для розрахунків**

Коефіцієнт масообміну: 0,1

Теплота пароутворення (кДж/кг): 2256

Теплоємність сухого полотна, кДж/(кг\*К): 1,43

Теплоємність води, кДж/(кг\*К): 4,2

0,2,4,6,8,... – моменти виходу паперу з сушильного циліндру

1,3,5,7,... – моменти закінчення ділянки вільного руху

Рис. 6 – Робочий інтерфейс програми