

Полученные результаты сравнили с экспериментом, в котором воздуховод с четырьмя щелями подсоединили к вентилятору и создавали разрежение, соответствующее средней скорости на выходе из воздуховода 12 м/с. Все щели кроме первой были заклеены, что полностью соответствует компьютерной модели. Замеры скорости на входе в единственную открытую щель показали среднюю расходную скорость равную 32 м/с, что говорит о достаточно хорошем соответствии результатов эксперимента и численного решения в пакете COMSOL.

Выводы

В качестве тестовой задачи проведено моделирование плоской турбулентной свободной струи в пакете прикладных программ COMSOL. Полученное численно решение удовлетворяет всем теоретическим характеристикам струи: характер течения на начальном и на основном участке струи, угасание ядра на определенном расстоянии от входного отверстия. Показано хорошее совпадение безразмерных профилей скоростей теоретического, экспериментального и численного решения. Это говорит об адекватности методов численного решения и возможности использования их для решения более сложных гидродинамических задач. Была поставлена и решена задача о всасывании воздуха линейным воздуховодом с отверстием на одной из его стенок. Результат численного решения показал хорошее соответствие результатам проведенного эксперимента.

Работа показала, что пакет COMSOL может быть использован для исследования течений в линейном воздуховоде и более сложных конструкций, в частности, для расчета воздуховода, обеспечивающего равномерный приток воздуха во всей длине.

ЛИТЕРАТУРА

1. Тимошенко Н. С. Семко А. Н. Моделирование вытяжного воздуховода для дуговых сталеплавильных печей // Современная наука: идеи, исследования, результаты, технологии. Сборник научных статей. — Киев : «НПВК Триакон», 2012. — № 2(10). — С. 10—15.
2. Тимошенко Н. С., Семко А. Н., Тимошенко С. Н. Моделирование системы газоудаления дуговой сталеплавильной печи с целью повышения ее энергоэффективности // Наукові праці ДонНТУ. Серія «Металургія» — Донецк. 2012.
3. Талиев В. Н. Аэродинамика вентиляции: Учеб. пособие для вузов. — М. : Стойиздат, 1979. — 295 с.
4. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. Перев. с немецкого. — М. : «Наука», 1974. — 711 с.
5. Повх И. Л. Техническая гидромеханика. — Л. : «Машиностроение», 1976. — 504 с.

COMSOL: Multiphysics User's Guide, COMSOL AB.

пост.29.04.13

Математична модель промислового транспорту завантаження деревиною тріскою варильного котла фірми Камюр

Г. І. КАМЕЛЬ, П. С. ІВЧЕНКО, А. С. СЕРЕГИН, А. В. ЕРШОВ

Дніпродзержинський державний технічний університет

Отримано математичну модель завантаження деревинною тріскою варильного котла в якому тиск лугу 1,2 Мпа та температура 160-180 C⁰. Ключові слова: луг, деревинна тріска, передавальна функція, математична модель, регулятор.

Получена математическая модель загрузки древесной щепой варочного котла в котором давление щелочи 1,2 Мпа і температура 160-180 C⁰. Ключевые слова: Щелоч, древесная щеп, передаточная функция, математическая модель, регулятор.

The mathematical model of loading wood chip digester in which the alkali pressure of 1 MPa and the temperature 160-180 C⁰. Keywords: Alkali, wood chips, transfer function, mathematical model, regulator.

Вступ та постановка задачі. В сучасний час стан целюлозно-паперової промисловості (ЦПП) в Україні не задовольняє потреби її в економіці, культурі та освіті. По рівню використання картонно-паперової продукції на душу населення Україна займає одне із останніх місць в Європі – приблизно 18 кг, хоча середнє світове використання паперу та картону на людину складає більше 50 кг, західно-європейська – 197 кг, а в США – 343 кг. ЦПП України завантажені на 60 %, в той час приблизно 50% картонно-паперової продукції завозиться в Україну. Використання імпортової целюлози підвищує собівартість продукції.

З метою подальшої стабілізації та постійного нарощування роботи ЦПП, шляхом реалізації «Концепції розвитку хімічної промисловості України до 2015 року», розробленої Міністерством промислової політики, до пріоритетної відноситься освоєння вітчизняної сировинної бази та забезпечення її комплексної переробки.

Тому для України актуальним є розширення сировинної бази ЦПП за рахунок використання інших видів сировини, в першу чергу, однорічних рослин.

Розробка ресурсо-зберігаючих технологій використання целюлози з однорічних рослин та виготов-

лення товарів хімічної промисловості з вітчизняної сировини є важливою науково-технічною задачею. В зв'язку з цим, виникає гостра проблема підвищення ефективності роботи промислового транспорту целюлозно-паперового виробництва.

Викладання основних матеріалів дослідження. Об'єктом дослідження є гідромеханічні процеси, що відбуваються в промисловому трубопроводному транспорті. В роботах [1-6] описані установки промислового транспорту целюлозно-паперового виробництва (ПТ ЦПВ), що містять загальний пристрій, принцип дії, сучасні конструкції механічного обладнання та їх елементів, області застосування, теорію, основні функціональні параметри, способи розрахунку, причини відмов, вплив на експлуатаційну надійність, термін служби і безаварійність конструктивних та експлуатаційних характеристик, перспективи подальшого розвитку.

Приводиться структурна схема роботи установки ПТ ЦПВ. Виділені три основні і два допоміжні блоки, які здійснюють попередню підготовку і транспортування деревинної тріски в котел.

Приведена технологічна схема завантаження (Рис. 1) і розподілу тріски, гідросуміші та тиску по всій трасі завантаження котла.

З рис. 1 видно, що ПТ ЦПВ складається з живильника високого тиску (ЖВТ) через кишень, яких проходять дві траси циркуляції лугу і гідросуміші низького тиску (ЦЛНТ) (ланки 7,8,9-11), траса циркуляції лугу і гідросуміші високого тиску (ЦЛВТ) (ланки 8,9,13-16) та окремо механічна траса підготовки тріски (ділянки 1-7).

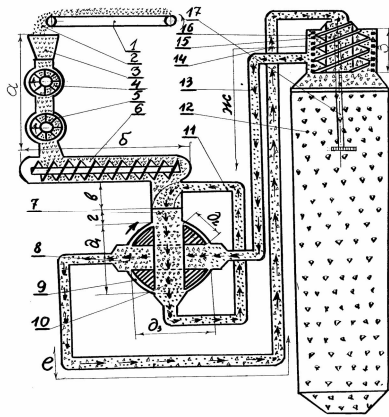


Рис.1. Технологічна схема промислового транспорту

Дві траси циркуляції лугу проходять через конічні поверхні корпусу та ротора розподіл функцій на яких виконуються: корпус-завантаження (25%) та вивантаження (15%) всього 40%. Виконання запірних функцій 50% і на зменшення гідроударів 10%. Для ротора-завантаження та розвантаження 42%. Виконання запірних функцій-58%.

ЦЛНТ - це траса проходить через спряжиння вікон корпусу та ротора в вертикальній площині і забезпечує: 1) формування гідросуміші в питаючій трубці; 2) вирівнювання концентрації гідросуміші в питаючій трубці; 3) переміщення гідросуміші через спряжиння вікон живильника по закону гармонійних коливань; 4) пропускну спроможності кишень, обертаючого ротора; 5) зрізанні тріски в зоні сит різальним устроєм; і 5) зме-

нення сили гідроударів в кишнях, обертаючого ротора живильника.

Розроблена математична модель формування гідросуміші в питаючій трубці з постійною площиною А. Формування гідросуміші в питаючій трубці містять наступні диференціальні алгебраїчні рівняння:

$$A \cdot \frac{d\Delta H}{dt} = \Delta Q_n - \Delta Q_{ж} \quad (1)$$

$$\Delta H(P) = [\Delta Q_n(P) - \Delta Q_{ж}(P)] / (P \cdot A) \quad (2)$$

$$\Delta Q_{жy} = \Delta Q_{ж}(H) + \Delta Q_{ж}(\delta) \quad (3)$$

$$W_p(P) = \frac{\Delta \delta(P)}{\Delta H(P)} = K_p \quad (4)$$

ΔH – відхилення рівня гідросуміші, м;

ΔQ_n і $\Delta Q_{ж}$ – витрати гідросуміші, поступаючої і видаляючої, м³/с; δ – зазор середній, мкм; L – довжина зазору, м; $W_p(P)$ – передавальна формація; K_p – коефіцієнт посилення регулятора;

$\Delta \delta$ і ΔH – прирощення зазору і відхилення рівня гідросуміші, мм;

W_a і W – об'єм тріски і питаючої труби, м³;

C_a – концентрація гідросуміші, %;

$C_a(0)$ – початкова концентрація гідросуміші, %;

Q_{ac} – подаваний потік гідросуміші, м³/с;

$(Q_{аж} \cdot C_a)$ – удаляемий потік гідросуміші, м³/с;

T – постійна терміну

$$W(P) = \frac{\Delta L_y(P)}{\Delta L_n(P)} = \frac{\left(\frac{K_n + P_p \cdot K_\delta}{PA} \right)}{\left(1 + \frac{K_n + K_p \cdot K_\delta}{PA} \right)} = \frac{1}{1 + PT} \quad (5)$$

$$\Delta H(P) = \frac{1}{1 + K_p \cdot K_\delta + K_n} \cdot \Delta Q_y(P) = \frac{K \cdot \Delta Q_y(P)}{1 + PT} \quad (6)$$

Таким чином, пропорційність регулювання об'єму гідросуміші в питаючій трубці веде до зменшення відхилення гідросуміші при різних відхиленнях поступаючих потоків лугу та тріски згідно з передавальною функцією(6).

Другою головною дією усереднення є вирівнювання гідросуміші по складу поступаючих потоків тріски і лугу в питаючу трубку: концентрація відхилення гідросуміші (а), об'єм тріски (W_a), об'єм питаючої труби (W), концентрація гідросуміші (C_a), подаваний потік (Q_{ac}), початкове значення концентрації компонента, а $C_a(0)$ - видаляемий потік лугу ($Q_{аж} \cdot C_a$), постійна терміну знаходження лугу в питаючій трубці з об'ємом W (T).

$$C_a = \frac{W_a}{W}; \quad Q_{ac} = Q_c \cdot C_{ac}; \quad (7)$$

$$W_a(t) = W_a(0) + \int_0^t [L_{ac}(t) - L_{ay}(t)] dt \quad (8)$$

$$C_a(t) = C_a(0) - \int_0^t [L_{ac}(t) - L_{ay}(t)] dt \quad (9)$$

$$T dC_a / dt + C_a = C_{ac} \quad (10)$$

З рівняння (10) видно, що кратність терміну відхилення концентрації гідросуміші, а поступаючої тріс-

ки та лугу згладжується за допомогою інерційної властивості питаючої труби. Таким чином, гідросуміш, яка виходить з питаючої труби в кармани, обертаючого ротора має концентрацію гідросуміші в інтервалі 20-25%.

ЦЛВТ - це траса проходить через спряження вікон корпусу і вікон кишень, обертаючого ротора в горизонтальній площині і забезпечує: 1) вивантаження гідросуміші з кишень, обертаючого ротора; 2) зменшення концентрації гідросуміші з 85% до 20%; 3) транспортування гідросуміші в варильний котел; 4) збільшення концентрації гідросуміші в варильному котлі з 20% до 80% і 5) розподіл гідросуміші і направлення лугу в кармани живильника.

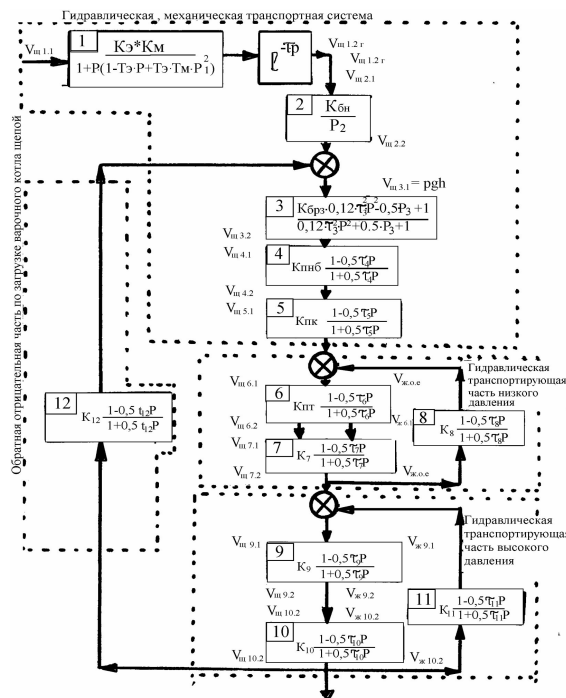
Механічна траса-це траса підготовки для транспортування тріски (підігрів, і видалення з тріски скипидару та інших летучих з'єднань) в котел.

На основі рис. 1 і процесів механіки, електромеханіки та електротехніки, передавальних функцій розроблялись диференційні рівняння з використанням апарата операційного розрахунку в формі перетворення Лапласа для кожної ланки. На рис. 2 приведена структурно-алгоритмічна схема всіх ланок транспортної системи з урахуванням рис. 1, диференційних рівнянь кожної ланки і математична модель транспортної системи установки Камюр в оперативній по Лапласу формі (11).

Аналіз структурно-алгоритмічної схеми (рис. 2) і математичної моделі ПТ ЦПВ фірми Камюр дозволили виділити дві оборотні заперечувальні зв'язки. На трасі ЦЛНТ- це рівень гідросуміші в питаючої трубі, в трасі ЦГВТ- це рівень гідросуміші в варильному котлі.

Рівень гідросуміші в питаючої трубі-це 1) регулюємий параметр він вимірюється за допомогою радіоактивних датчиків та звукової та світлової сигналізації, яка знаходиться на центральному пульті управління; 2) порушник дії - це протічки лугу через зазори живильника і 3) регулюючий устрій - це механізм компенсації зазору в живильнику. Коли рівень гідросуміші зростає з 0,6 до 1,1 м в питаючій трубі включається звукова та світлова сигналізація і оператор виконує зменшення зазору в живильнику на 25-50 мкм. Це відбувається за рахунок маховика, який обертають на один-два оберти, при цьому конічний ротор пересувається в конічний корпус на відстань 1000-2000 мкм. Таким чином рівень гідросуміші в питаючої труби залежить від протічок лугу через живильник, а вони – від величини зазору в живильнику.

Установлено, що при вільному падінні технологічної тріски з пропарювальної камери в живильну трубу, вона захоплюється циркулюючим лугом і через живильну трубу завантажує кишеню ротора.



$$W(P) = W_1(P) W_2(P) \left\{ \frac{W_{12}(P)}{W_4(P) \cdot W_5(P) \left[\frac{W_8(P)}{1 + W_6(P) \cdot W_7(P) \cdot W_8(P)} \right] \left[\frac{W_{11}(P)}{1 + W_9(P) \cdot W_{10}(P) \cdot W_{11}(P)} \right]} \right\} \cdot \frac{K_{\Sigma} \cdot K_M}{1 + P(1 - T_{\Sigma} \cdot P + T_{\Sigma} \cdot T_M \cdot P^2)} \quad (11)$$

$$\cdot l^{-\tau_{1,P}} \cdot \frac{K_{\text{бн}}}{P_2} \cdot \frac{K_{\text{доз}} \cdot 0,12 \cdot \tau_3^2 P_3 + 1}{0,12 \cdot \tau_3^2 \cdot P^2 + 0,5 \cdot P_3 + 1}$$

$$\left(K_{\text{шнд}} \frac{1-0,5 \cdot \tau_4 \cdot P}{1+0,5 \cdot \tau_4 \cdot P} \right) \cdot \left[\frac{K_8 \frac{1-0,5 \cdot \tau_P \cdot P}{1+0,5 \cdot \tau_8 \cdot P}}{1 + \left(K_{\text{шт}} \frac{1-0,5 \cdot \tau_6 \cdot P}{1+0,5 \cdot \tau_6 \cdot P} \right) \cdot \left(K_7 \frac{1-0,5 \cdot \tau_7 \cdot P}{1+0,5 \cdot \tau_7 \cdot P} \right) \cdot \left(K_8 \frac{1-0,5 \cdot \tau_8 \cdot P}{1+0,5 \cdot \tau_8 \cdot P} \right)} \right] \cdot \left[\frac{K_1 \frac{1-0,5 \cdot \tau_1 \cdot P}{1+0,5 \cdot \tau_1 \cdot P}}{1 + \left(K_9 \frac{1-0,5 \cdot \tau_9 \cdot P}{1+0,5 \cdot \tau_9 \cdot P} \right) \cdot \left(K_{10} \frac{1-0,5 \cdot \tau_{10} \cdot P}{1+0,5 \cdot \tau_{10} \cdot P} \right) \cdot \left(K_1 \frac{1-0,5 \cdot \tau_1 \cdot P}{1+0,5 \cdot \tau_1 \cdot P} \right)} \right]$$

Висновки

В результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень уперше:

1. Розроблено конструктивну схему безперервного промислового транспорту для переміщення і завантаження варильного котла деревинною тріскою, наукові основи методик розрахунку і проектування її елементів і пристроїв у цілому.

2. На основі причинно-слідчих взаємодій конструктивних удосконалень, використання сучасних відновлюваних технологій при виготовленні і ремонті деталей і вузлів, оптимізації експлуатаційних характеристик розроблені структурно-алгоритмічні схеми і математичні моделі:

- кожної окремої ділянки, блочної і всієї транспортної системи безперервного завантаження варильного котла тріскою;
- пропарювальної камери, яка дозволила оптимізувати технологічні процеси (швидкість переміщення тріски, температуру пропарювання, волого місткість) і повністю вилучити з тріски повітря, скипидар і інші з'єднання.
- рівня лугу в питаючій трубі при її завантаження тріскою;
- слідчої системи транспортної установки, яка контролює рівень тріски в верхній частині варильного котла в залежності від швидкості її занурення і частоти обертання ротора дозатора тріски;
- завантаження і розвантаження кишень обертаючого ротора гідросумішшю, тріскою і лугом в залежності від концентрації лугу в гідросуміші; стану ріжучого механізму в області сит і кратності циркуляції лугу через живильник.

ЛІТЕРАТУРА

1. Нечаев Г. Повышение надежности и продуктивности загрузочных устройств непрерывной варки целлюлозы и полуцеллюлозы: Монография / Г. И. Нечаев, Г. И. Камель. — Луганск : Из-во. — Восточно-укр. Нац. Ун-та им. В. Даля, 2005. — 392 с.
2. Камель Г. И. Математическая модель протечек щелочного раствора, поступающего из котла Камюр в питательную трубу / Г. И. Камель // Машины и аппараты целлюлозно-бумажного производства : Межвуз. сб. науч. тр. — СПбТУРП. СПб, 2001. — С. 112—116.
3. Камель Г. И. Динамическая модель пропарочной камеры гидравлической транспортной системы / Г. И. Камель // Вестник Кременчужского государственного политехнического университета. — Кременчуг : КГПУ, 2005. — Вып. 5. — 2005 (34). — С. 16—18.
4. Нечаев Г. И. Математическая модель уровня щелочи в питательной трубе транспортной системы / Нечаев Г. И., Камель Г. И., Яковлева А. Г. // Вестн. СевГТУ. Механика, энергетика, экология : Сб. науч. тр. — Севастополь, 2006. — Вып. 75. — С. 94—98.
5. Нечаев Г. И. Математическая модель срока службы роторных питателей транспортно-загрузочной системы / Г. И. Нечаев, Г. И. Камель, А. Г. Яковлева // Вести Автомобильно-дорожного института, ДНТУ. — 2007. — Научно-производственный сборник №1 (4), Горловка. — С. 133—138.