

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ СТРУМИННОЇ СИСТЕМИ ПІДВЕДЕННЯ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА ДО РУХОМОГО ПОЛОТНА

О. В. ШЕЛІМАНОВА, кандидат технічних наук, доцент
*Національний університет біоресурсів
і природокористування України*

Анотація. Струминне підведення сушального агента сприяє суттєвому підвищенню інтенсивності процесу сушіння, проте при цьому зростає і потужність, необхідна для прокачування теплоносія. Метою даного дослідження є визначення геометричних параметрів системи струмин, які забезпечили б найвищу інтенсивність теплообміну при мінімальних гідравлічних втратах. Розрахунки проведено з використанням каналної моделі процесів переносу при обтіканні поверхні системою струмин [2], яку було адаптовано до випадку струминного обтікання поверхні, що рухається [3]. У результаті дослідження встановлено оптимальні параметри струминної системи: 520 отворів перфорації діаметром $d_o = 0,015$ м; розташованих у 5 рядів з рівномірним кроком $S_1 = 0,035$ м. Така конфігурація системи струмин забезпечить підвищення коефіцієнтів тепловіддачі на 40 % при зростанні гідравлічного опору не більше, ніж на 20%.

Ключові слова: *тепломасообмін, гідравлічний опір, струминний обдув, соплова пластина*

Актуальність. Необхідність економії теплової енергії в процесах сушіння сільськогосподарської сировини при одночасному збереженні якості кінцевого продукту спонукає фахівців до пошуків способів інтенсифікації зовнішнього тепломасопереносу, серед яких одним із найефективніших є струминне обдування. Саме цей спосіб запропоновано застосувати в установці для сушіння рухомого полотна матеріалу повітрям.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Як свідчать результати досліджень [1, 2] струминне обдування може забезпечити зростання коефіцієнтів тепловіддачі в 3–4 рази порівняно з поздовжнім обтіканням. Однак при цьому зростає гідравлічний опір струминної системи а, відтак, і потужність, що затрачається на прокачування теплоносія. Таким чином, постає задача оптимального вибору параметрів системи струмин.

Запропонована соплова система має дуже короткі канали для відведення повітря ($l/d_{екв} < 1$) та малу кількість рядів струменів ($n_k \leq 3$) в напрямку відведення потоку [3]. У подібних умовах, автор виконував досліди в ІТТФ НАН України, але для нерухомої теплообмінної поверхні [2]. У праці [3] узагальнюючі залежності для розрахунку теплообміну і гідравлічного опору в коротких струминних каналах було адаптовано до випадку струминного обтікання поверхні, що рухається.

Мета дослідження – вибрати геометричні параметри системи струмин, які забезпечили б найвищу інтенсивність теплообміну при мінімальних гідравлічних втратах.

Матеріали і методи дослідження. У сушарці реалізована струминна система з двобічним симетричним відведенням повітря по плоских каналах. Площина верхніх соплових отворів розташована на відстані 80 мм від полотна, що обдувається, а нижніх – на 120 мм від полотна. Таким чином, еквівалентний діаметр відвідних каналів ($d_{екв} = 2h$) дорівнює 160 мм для каналу над полотном і 240 мм – для каналу під полотном. Довжина шляху повітря до виходу соплових решіток становить $l = 110$ мм. Кількість рядів струменів за ходом руху повітря дорівнює 3.

Залежність коефіцієнта тепловіддачі від конструктивних характеристик системи, згідно з рекомендаціями [3] буде мати вигляд:

$$\alpha_c = K_c \left(I \pm \frac{W_m}{W_\varepsilon} \right)^{0,8} \cdot V^{0,8} \cdot f_o^{-0,4} \cdot B_l^{-0,52} \cdot h^{-0,08},$$

де $f_o = N \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d_o^2$ – відкрита поверхня перфорації:

B_l – довжина соплової решітки;

$\bar{W}_\varepsilon = W_\varepsilon \left(I \pm \frac{W_m}{W_\varepsilon} \right)$ – відносна швидкість повітря;

$W_\varepsilon = \frac{V}{2 \cdot L_c \cdot h}$ – швидкість повітря на виході зі струминного каналу;

K_c – коефіцієнт, що об'єднує всі постійні величини та величини, які не залежать від конструктивних параметрів системи.

Відстані від соплової решітки до матеріалу h були обрані з умов оптимальної інтенсифікації теплообміну за рекомендаціями [1, 2]. Тому в подальшому аналізі h залишається незмінною.

Таким чином, реальними параметрами управління процесами теплопереносу є довжина соплових решіток B_l і поверхня перфорації f_o , тобто кількість і діаметр отворів перфорації. При цьому зменшення B_l приводить до зменшення довжини шляху повітря в каналі, а зменшення f_o – до збільшення швидкості струменів, а, як наслідок, до інтенсифікації теплообміну.

Результативний ефект визначатиметься загальною дією всіх параметрів, що характеризують процес тепловіддачі.

Результати досліджень та їх обговорення. На рис. 1–3 наведено залежності гідравлічного опору й тепловіддачі струминної системи від геометричних розмірів соплової решітки для випадку обдування нерухомої поверхні.

Як видно з рис. 1, зменшення діаметра отворів перфорації з 15 до 10 мм за незмінної їх кількості, тобто, при зменшенні живого перерізу струминних решіток приводить до збільшення коефіцієнтів тепловіддачі у струминному каналі α_c (крива 2) і струминному модулі в цілому α_m (крива

3) приблизно на 40%. Втрати ж тиску, за рахунок збільшення швидкості в отворах перфорації, зростають удвічі.

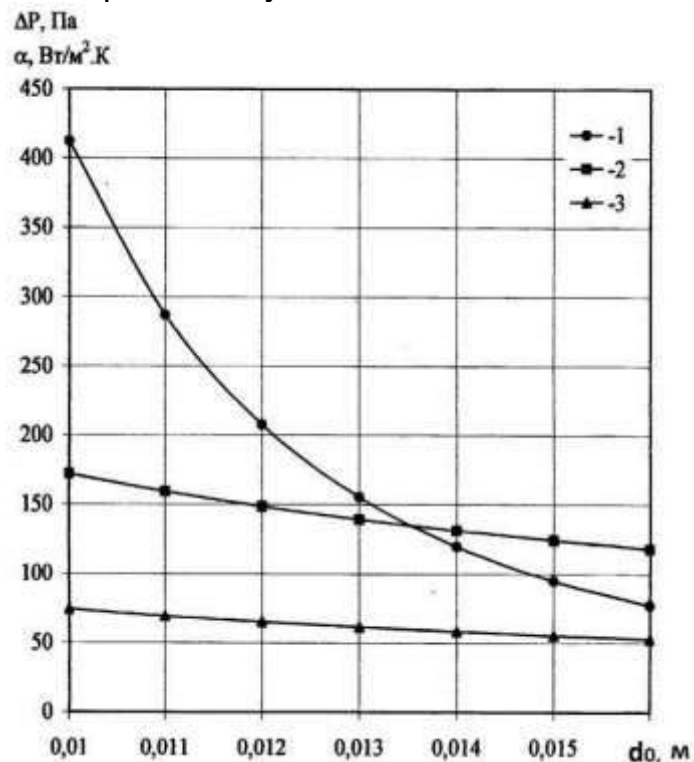


Рис. 1. Вплив діаметра отворів соплової решітки на гідравлічний опір і тепловіддачу струминної системи:

1 – ΔP ; 2 – α_c ; 3 – α_m

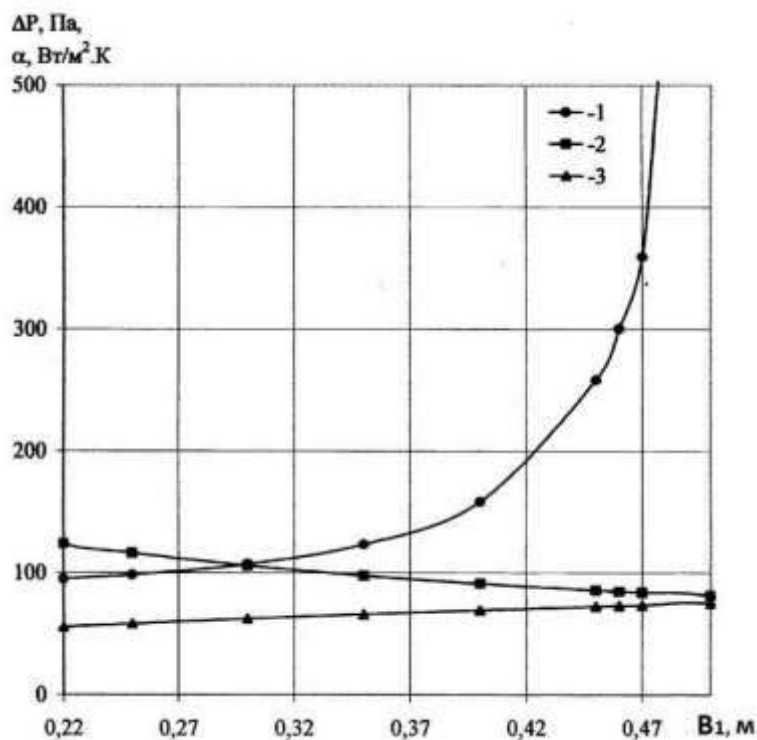


Рис. 2. Вплив довжини соплової решітки на гідравлічний опір і тепловіддачу струминної системи при $d_o = 0,015$ м і $N_1 = 5$:

1 – ΔP ; 2 – α_c ; 3 – α_m

Таким чином, зменшення діаметра отворів перфорації менше, ніж на 15 мм, є неефективним.

На рис. 2 показано вплив довжини соплових решіток на гідравлічний опір і тепловіддачу модуля при постійній поверхні перфорації f_0 , струминних решіток (при діаметрі отворів $d_0 = 0,015$ м та кількості їх рядів $N_1 = 5$).

У цьому випадку, зростання гідравлічного опору системи зумовлене збільшенням опору відвідного колектора, оскільки зі збільшенням B_1 зменшується його вихідний переріз і зростає швидкість повітря в ньому. Коефіцієнт тепловіддачі при цьому в струминному каналі зменшується (крива 2), а в модулі підвищується за рахунок збільшення тепловіддачі у відвідному колекторі (крива 3). Щоб зростання гідравлічного опору не перевершувало зростання інтенсивності теплообміну, довжина соплової решітки повинна бути не більше, ніж 0,36 м.

Зміна гідравлічного опору та інтенсивності теплообміну при одночасному збільшенні довжини соплової решітки й кількості рядів струменів при постійному кроці між отворами $S_1 = 0,035$ м, показано на рис. 3. У цьому випадку, на кривій залежності гідравлічного опору від довжини решіток спостерігається мінімум при $B_1 = 0,3$ м (крива 1).

Коефіцієнт тепловіддачі в струминному каналі (крива 2) монотонно зменшується, а в струминному модулі – залишається, практично, постійним.

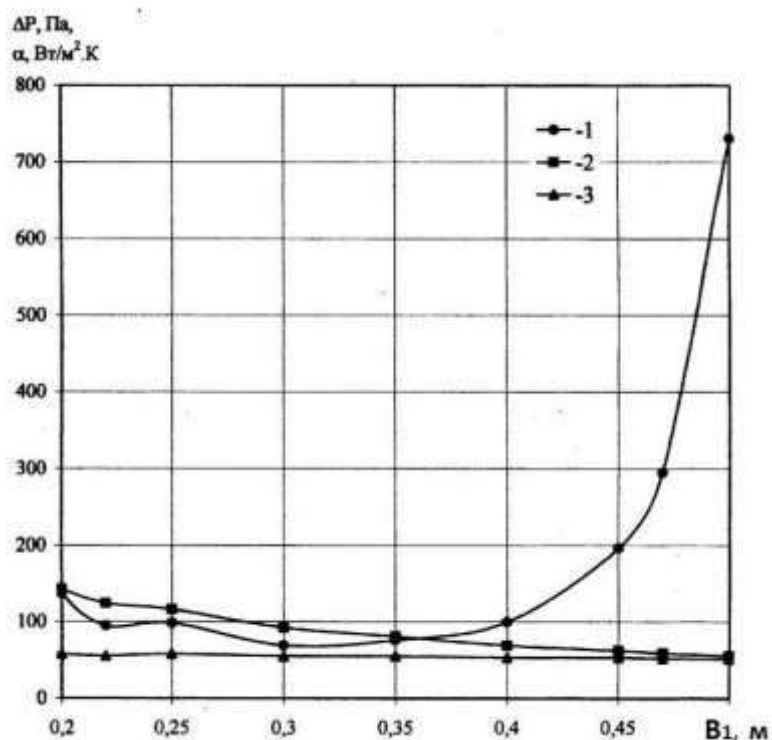


Рис. 3. Вплив довжини соплової решітки на гідравлічний опір і тепловіддачу струминної системи при $S_0 = 0,035$ м:

1 – ΔP ; 2 – α_c ; 3 – α_m

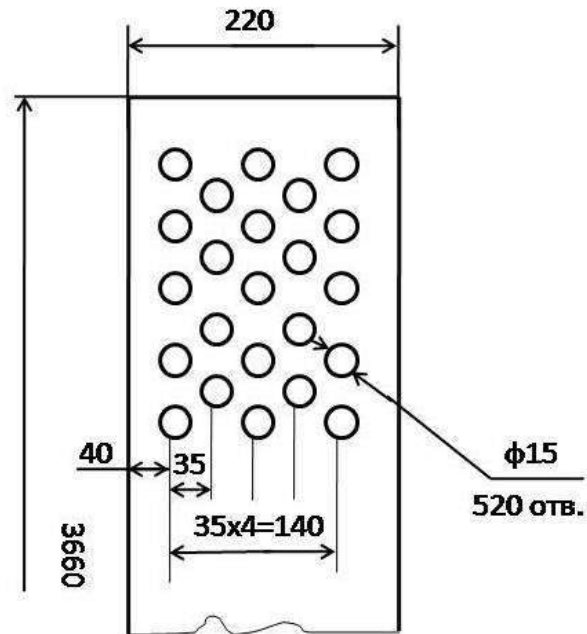


Рис. 4. Схема розташування соплових отворів

Висновки і перспективи. Отже, визначено оптимальні параметри струминної системи, які забезпечать підвищення коефіцієнтів тепловіддачі на 40 % при помірному (до 20 %) зростанні гідравлічного опору, а саме:

- діаметр отворів перфорації $d_o = 0,015$ м;
- кількість отворів – 520;
- відкрита поверхня перфорації $f_o = 0,0918$ м²;
- крок розташування отворів $S_1 = 0,035$ м;
- кількість рядів струмин $N_1 = 5$.

Схема розташування соплових отворів наведена на рис.4.

Список літератури

1. Дыбан Е. П. Конвективный теплообмен при струйном обтекании тел / Е. П. Дыбан, А. И. Мазур. – К. : Наук. думка, 1982. – 303 с.
2. Дыбан Е. П. Струйное охлаждение ребренных поверхностей полуматриц гофраторов / Е. П. Дыбан, А. И. Мазур, Е. В. Шелиманова // Промышленная теплоэнергетика. – 1993. – № 3. – С. 3–10.
3. Шеліманова О. В. Вдосконалення процесу соплової сушки рухомого полотна матеріалу / О. В. Шеліманова // Електронне видання „Наукові доповіді Національного аграрного університету. Технічні науки”. – 2008. – № 2 (10). – С. 18. – Режим доступу : <http://nd.nubip.edu.ua/2008-2/08sovcnd.pdf>

References

1. Dyban, E. P., Mazur, A. Y. (1982). Konvektyvnyi teploobmen pry struinom obtekanuu tel [Convective heat transfer in jet flow around bodies]. Kyiv: Naukova Dumka, 303.

2. Dyban, E. P., Mazur A. Y., Shelimanova E. V. (1993). Struinoe okhlazhdenye orebrennykh poverkhnostei polumatryts hofratorov [Jet cooling of finned surfaces of corrugator semimatrixes]. Promyshlennaia teploenerhetyka, 3, 3–10.

3. Shelimanova, O. V. (2008). Vdoskonalennia protsesu soplovoi sushky rukhomoho polotna materialu [Perfection of process of nozzle drying moving cloth of material] Elektronne vydannia „Naukovi dopovidi Natsionalnoho ahrarynoho universytetu. Tekhnichni nauky”, 2 (10), 1–8. Available at: <http://nd.nubip.edu.ua/2008-2/08sovcnd.pdf>

ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА ПАРАМЕТРОВ СТРУЙНОЙ СИСТЕМЫ ПОДВЕДЕНИЯ СУШИЛЬНОГО АГЕНТА К ДВИЖУЩЕМУСЯ ПОЛОТНУ

Е. В. Шелиманова

Аннотация. Струйный подвод сушильного агента способствует существенному повышению интенсивности процесса сушки, однако при этом возрастает и мощность, необходимая для прокачки теплоносителя. Целью данного исследования является определение геометрических параметров системы струй, которые обеспечили бы высокую интенсивность теплообмена при минимальных гидравлических потерях. Расчеты проведены с использованием канальной модели процессов переноса при обтекании поверхности системой струй [2], которая была адаптирована к случаю струйного обтекания движущейся поверхности [3]. В результате исследования установлены оптимальные параметры струйной системы 520 отверстий перфорации диаметром $d_0 = 0,015$ м; расположенных в 5 рядов с равномерным шагом $S_1 = 0,035$ м. Такая конфигурация системы струй обеспечит повышение коэффициентов теплоотдачи на 40 % при росте гидравлического сопротивления не более чем на 20 %.

Ключевые слова: теплообмен, гидравлическое сопротивление, струйный обдув, сопловая пластина

THE REASONING OF THE CHOICE OF THE JET SYSTEM'S PARAMETERS FOR THE DRY AGENT'S SUPPLYING TO THE MOVING CLOTH OF MATERIAL

O. Shelimanova

Abstract. Injecting the drying agent contributes to a significant increase in the intensity of the drying process, but at the same time the power required for pumping of the coolant is increasing too. The purpose of this study is to determine the geometric parameters of the jet system, which would provide the highest intensity of heat transfer with minimum hydraulic losses. The calculations were carried out using a channel model of transport processes with the flow around a surface by a system of jets [2], which was adapted to the case of jet flow around a moving surface [3]. As a result of the study, the optimal parameters of the jet system were established: 520 holes with a

diameter $d_0 = 0,015$ m, located in 5 rows with a uniform step $S_1 = 0.035$ m. This configuration of the jet system will provide an increase in the heat transfer coefficients by 40% with a hydraulic resistance increase of no more than 20 %

Keywords: *heat-mass exchange, hydraulic resistance, jet blown, nozzle plate*

УДК: 534.2

ЗВОРОТНІ ХВИЛІ ЛЕМБА У ПЛАСТИНІ КРИСТАЛУ CDS

П. П. ІЛЬІН, кандидат фізико-математичних наук, доцент
E-mail: p_ilyin@ukr.net

Анотація. *Наведено результати експериментального дослідження частотної залежності фазової швидкості зворотної хвилі Лемба в пластині кристалу Cds. Зворотні хвилі мають протилежні напрями фазової та групової швидкостей. При поширенні хвиль уздовж осі шостого порядку досліджувалася симетрична мода Лемба першого порядку, в якій на критичній частоті по товщині пластини вкладається одна довжина поперечної хвилі. Вимірювалася частотна залежність фазової швидкості зворотних хвиль і також прямих хвиль, в яких напрями фазової та групової швидкостей збігаються.*

Реєстрація хвиль здійснювалася за рахунок п'єзоелектричних властивостей матеріалу пластини. Зворотні хвилі збуджувалися перетворювачем з п'єзоелектричної кераміки. Визначення величини фазової швидкості хвиль проводилося шляхом вимірювання довжини хвилі Лемба фазовим методом змінної бази. Вимірювання проводилися в пластині завтовшки 0,66 мм на частотах $\sim 2,7$ МГц. Величина фазової швидкості зворотних хвиль, унаслідок дисперсії, змінювалася в межах $15 \cdot 10^3 \div 29 \cdot 10^3$ м/с. Доведено існування зворотної пружної хвилі Лемба в пластині Cds. Це може бути використано для реалізації взаємодії зворотних пружних хвиль та пружних хвиль з нульовою груповою швидкістю з носіями електричного заряду у п'єзоелектричному напівпровіднику.

Ключові слова: *хвилі Лемба, зворотні хвилі*

Актуальність. Зворотні пружні хвилі, які мають протилежно спрямовані фазову та групову швидкості, є цікавими об'єктом досліджень через свої дещо незвичайні властивості [1]. Вони також мають перспективи для застосування в акустоелектроніці та дефектоскопії, оскільки можуть мати широкий діапазон зміни значень фазової швидкості при незначній дисперсії групової швидкості. Останнім часом робляться спроби використовувати