



НАУКОВИЙ ВІСНИК

НАЦІОНАЛЬНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

2013

ISSN 2222-8618

НАУКОВИЙ ВІСНИК

**НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
УКРАЇНИ**

Серія “Техніка та енергетика АПК”

185

Частина 2

Київ – 2013

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – К., 2013. – Вип. 185, ч. 2. – 395 с.

Висвітлено результати наукових досліджень, проведених працівниками Національного університету біоресурсів і природокористування України і в співпраці із закордонними науковцями, працівниками навчальних закладів Міністерства аграрної політики та продовольства України та науково-дослідних інститутів НАН України і НААН України.

Редакційна колегія: Д.О. Мельничук (відповідальний редактор), В.П. Лисенко (заступник відповідального редактора), В.О. Дубровін (заступник відповідального редактора), М.Д. Мельничук (заступник відповідального редактора), А.В. Витриховська (відповідальний секретар), І.Л. Роговський (заступник відповідального секретаря), Л.В. Аніскевич, А.І. Бойко, А.В. Бойко, Д.Г. Войтюк, Г.А. Голуб, Петро Євич, Зденек Пасторек, Євгеній Красовські, В.І. Кравчук, В.П. Ковбаса, В.С. Ловейкін, В.Г. Мироненко, В.М. Несвідомін, А.С. Опальчук, С.Ф. Пилипака, І.І. Ревенко, В.І. Рубльов, С.Г. Фришев, М.Г. Чаусов.

Рекомендовано до друку Вченою радою НУБіП України, протокол № 6 від 30 січня 2013 р.

Відповідальний за випуск І.Л. Роговський.

Адреса редколегії: 03041, Київ-41, вул. Героїв оборони, 15,
Національний університет біоресурсів
і природокористування України, тел. 527-82-41

© Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2013

ЗМІСТ

МАШИНИ І ЗАСОБИ МЕХАНІЗАЦІЇ

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ РОЗРОБКИ АДАПТОВАНОЇ КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ В.О. Дубровін, Г.А. Голуб, Н.А. Дубчак, В.В. Теслюк	11
ДОЦІЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ БІОПАЛИВА В АГРОПРОМИСЛОВОМУ КОМПЛЕКСІ УКРАЇНИ Д.М. Бурдейний, С.В. Кропивко	30
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОКАЛІЗОВАНИХ ПОРУШЕНЬ КОНФОРМАЦІЇ МЕМБРАН КЛІТИН ВИЩИХ РОСЛИН Д.Г. Войтюк, Ю.В. Човнюк, Ю.О. Гуменюк, О.П. Гуцол	39
ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕЖИМУ РУХУ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ СТІЛОВОГО КРАНА З УРАХУВАННЯМ КОЛИВАНЬ ВАНТАЖУ В.С. Ловейкін, В.В. Мельніченко	55
МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖОПІДЙОМНОЇ МАШИНИ ЗА ОПТИМАЛЬНИМ ЗАКОНОМ В.С. Ловейкін, Ю.О. Ромасевич	63
ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ СУБ- ТА СУПЕРГАРМОНІЧНИХ КОЛИВАНЬ ВІБРОУДАРНИХ СУТТЄВО НЕЛІНІЙНИХ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк	71
АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННОЇ ОЛІЇ М.Ю. Павленко	83
ПАЛИВНО-ЕКОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ ВИКОРИСТАННЯ ДИЗЕЛЬНОГО БІОПАЛИВА В.В. Чуба	87
МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ В КАНАЛАХ ЗМІННОЇ ФОРМИ РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК О.С. Бессараб, В.В. Шутюк, В.І. Боднар, В.П. Василів	96
ПЛИВ ПОРОДИ ДЕРЕВИНИ НА ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТУ ПАМ'ЯТІ Б.Н. Уголєв, Г.О. Горбачова, С.Ю. Белковскій	103
ВИЗНАЧЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ПИЛОМАТЕРІАЛІВ М.О. Білецький, З.С. Сірко	111
ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОГЛИНАННЯ АНТИПІРЕНУ ВІД ПОЧАТКОВОЇ ВОЛОГОСТІ ЛУЩЕНОГО ШПОНУ У ВИРОБНИЦТВІ ВОГНЕСТІЙКОЇ ФАНЕРИ О.І. Бринь	115
ВПЛИВ ШВИДКОСТІ НАВАНТАЖЕННЯ І ВОЛОГОСТІ НА НЕСУЧУ МІЦНІСТЬ ШПОНКИ СОСНИ БАНКСА Антуан Кузень, Пеїрр-Верб Леру, Олександр Саленікович	118

УДК 621.438

**МОДЕЛЮВАННЯ ТЕЧІЇ В КАНАЛАХ ЗМІННОЇ ФОРМИ
РОЗПИЛЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ СУШИЛЬНИХ УСТАНОВОК**

*О.С. Бессараб, В.В. Шутюк, кандидати технічних наук
В.І. Боднар, здобувач*

Національний університет харчових технологій

*В.П. Василів, кандидат технічних наук
Національний університет біоресурсів і
природокористування України*

Розглянуто метод побудови геометричної форми проточної частини каналів, що забезпечує повільний перехід між проміжними перерізами каналу, який дає можливість зменшити нерівномірність поля швидкості в каналі й знизити аеродинамічні втрати розпилювальних пристроїв сушильних установок.

Канал, течія, моделювання, сушильні установки, розпилювальні пристрої

Постановка проблеми. Ефективність розпилювального сушіння, якість отриманого продукту значною мірою залежить від роботи розпилювальних пристроїв. Процес розпилення безпосередньо впливає на розмір крапель, розподіл їх за розмірами, траєкторію і швидкість крапель продукту в сушильній камері. Середній розмір крапель і розподіл їх за розмірами є функціями типу

© О.С. Бессараб, В.В. Шутюк, В.І. Боднар, В.П. Василів, 2013

використовуваного розпилювача, умов розпилювання і характеристик продукту (в'язкість, густина, поверхневий натяг).

Розпилювачі сушильних установок повинні працювати ефективно і надійно в суворих умовах, що має величезне значення в досягненні економічного виробництва високоякісного продукту. У сучасних розпилювальних сушильних установках широко застосовуються в якості розпилювальних пристроїв пневматичні і механічні форсунки з каналами різних розмірів і геометричної форми. Під час течії газу (рідини) через них втрачається енергія, що спричиняється переважно відривними явищами і нерівномірністю поля швидкості.

Примежовий шар відіграє основну роль у процесах динамічної і термодинамічної взаємодії потоку в'язкого середовища з поверхнею омиваного ним тіла. У каналах і патрубках втрати енергії визначаються головним чином відривними явищами і, як наслідок, вихороутворенням. Тому зменшення втрат енергії у процесі течії газу (рідини) можливе за рахунок визначення такої форми каналу, за якої відривні явища будуть відсутні або зведені до мінімуму.

Аналіз останніх досліджень. Суть даного методу полягає в наступному [1]. Профіль каналу, побудованого за даними дослідження течії потенційного потоку, на безвідривній ділянці течії можна розглядати як деякий умовний профіль для потоку в'язкої рідини, деформований на товщину витіснення примежового шару, а теоретичний розподіл швидкості або тиску на цьому профілі – як розподіл на зовнішньому потоці. При малій товщині витіснення примежового шару з великою точністю визначаються реальні характеристики системи на безвідривній ділянці течії. Окреме вивчення потенційної і в'язкої областей потоку й подальше узгодження отриманих результатів дають можливість отримати потрібну інформацію про потік в цілому.

Вивчаючи потенційну область потоку, визначають розподіл швидкості на стінках каналу. Ці дані використовують для розрахунку примежового шару, у результаті чого знаходять місце розташування області відриву на стінках каналу. Методом послідовного наближення визначають форму проточної частини каналу, що задовольняє вимогу розташування області відриву можливо нижче за течією [2].

Теоретичні висновки доповнюються експериментальними дослідженнями на моделях методом оптичної візуалізації потоку [3].

Наступний етап полягає в остаточному доведенні профілю до оптимальної проточної частини каналу методом побудови форм поверхонь поперечних перерізів за їхніми відомими площами.

Методи дослідження області течії добре відомі (контурних інтегральних співвідношень, електродинамічної аналогії тощо). Розрахунок примежового шару рекомендується виконувати на основі моделі плоского примежового шару, що встановився. Тому зупинимося на викладі методів геометричного конструювання каналу.

Втрати тиску в каналі значною мірою спричиняються нерівномірністю поля швидкості. Тому постає питання забезпечення плавного сполучення різних скільки завгодно малих ділянок каналу. Воно набуває особливого значення, коли форми проміжних перерізів каналу, приміром вхідного і вихідного різні. Ефективним для вирішення даного завдання є графоаналітичний метод побудови проточної частини каналу. Згідно з ним, за заданими основними конструкційними характеристиками каналу — положенням осі каналу, формами і площами вхідного і вихідного перерізів, площі поперечних перерізів – ставиться завдання побудувати проточну частину каналу з плавними переходами при скільки завгодно великій кількості проміжних твірних.

Результати досліджень. Графік радіусів поперечних перерізів можна отримати з графіка зміни площ поперечних течій його зворотним квадратичним перетворенням. Як перетворювальний елемент доцільно взяти параболу з вертикальною віссю. Графіки зміни радіусів рівновеликих перерізів визначаються розрахунками. Введемо такі позначення: \vec{r}_{ij} – радіус-вектор довільного перерізу за j -м променем; $\alpha_{ij} = K_{ij} - 1$ – радіальний коефіцієнт повноти перерізу.

Змінюючи значення K або α уздовж осі каналу в напрямі усіх променів, отримуємо для будь-якої величини L_i певний комплекс їх значень, і тим самим конфігурацію проміжних перерізів каналу.

Для визначення величини K_{ij} рекомендується використати лінійний закон зміни значень. Тоді:

$$K_{ij} = K_{0j}[1 - (L_i/L)] + K_{nj}[1 - (L_i/L)], \quad (1)$$

$$K_{0j} = \vec{r}_{ij}/R_0; \quad K_{nj} = \vec{r}_{ij}/R_n. \quad (2)$$

Для кожного проміжного перерізу визначаємо комплекси полярних радіусів:

$$\vec{r}_{ij} = K_{ij}R_i. \quad (3)$$

Зі збільшенням числа проміжних перерізів зростає ступінь плавності переходів по усьому каналу, отже, збільшується рівномірність потоку швидкостей.

Канал з плавними переходами можна побудувати за теорією плоского потенційного поля. Як і в графоаналітичному методі, відомими вважаємо форми і площі вхідного і вихідного перерізів каналу, геометричне місце притягання тяжіння перерізів, тобто

положення осі. Також використовуємо закон зміни площ прохідних перерізів. Виходитимемо з того, що початковий і кінцевий перерізи каналу подібні і замкнені екіпотенціальними лініями $\varphi_0 = const$ і $\varphi_n = const$. Аналогічно можна прийняти для ліній течії $\psi_0 = const$ і $\psi_n = const$. Проміжні перерізи будуються подібними до форми екіпотенціальних ліній $\varphi_i = const$ (або ліній потоку $\psi_i = const$) плоскопаралельного стаціонарного поля, що знаходиться між виділеними контурами.

Формула зміни площ перерізів каналу має такий вигляд:

$$F_i = K_i F_0, \quad (4)$$

де F_0 – площа початкового перерізу; K_i – множник, що враховує розширення (звуження) перерізу каналу $0 \leq i \leq n - 1$; $n - 1$ – число проміжних перерізів. Потенціал швидкості й функція току в полярних координатах r, θ ; мають вигляд:

$$\varphi = \left(r + \frac{1}{r} \right) \cos \theta; \quad (5)$$

$$\psi = \left(r - \frac{1}{r} \right) \cos \theta. \quad (6)$$

Лінії току від диполя лежать усередині кола і є замкненими кривими третього порядку. Нульова лінія потоку, що відповідає початковому перерізу каналу, має форму півкола. Передостанній переріз обкреслюється $n - 1$ лінією току. Останній переріз є колом.

Допустимо, що $\psi = C_i$, де C_i – деякі постійні величини, що підлягають подальшому визначенню. Тоді з рівняння (6) випливає вираз для безрозмірного радіус-вектора i -тої лінії:

$$r = \left(C_i \pm \sqrt{C_i^2 + 4 \sin^2 \theta} \right) / \sin \theta. \quad (7)$$

З аналізу формули (7) виходить, що величинам $C_i < 0$ і позитивному знаку перед коренем відповідають лінії току, що лежать усередині верхнього півкола. При $C_0 < 0$ отримуємо межу лінію $OAB < 0$. У разі, коли $C_i \rightarrow \infty$, криві, описувані рівнянням (7) переходять у кола, площі яких наближаються до нуля. Безрозмірна площа проміжного контуру визначається за формулою

$$\bar{F}_i = \frac{C_i}{2} \int_0^\pi \frac{\sqrt{C_i^2 + 4 \sin^2 \theta}}{\sin \theta} d\theta + \frac{\pi}{2} \quad (8)$$

На підставі еліптичних інтегралів першого роду вираз (5) можна подати так:

$$\bar{F}_i = \frac{\pi}{2} \left\{ 1 - \frac{C_i^4}{\sqrt[8]{C_i^2}} \left[1 + \frac{3C_i^2}{4(4 + C_i^2)} + \frac{5C_i^4}{32(4 + C_i^2)^2} + \alpha \right] \right\}, \quad (9)$$

де α – інші члени ряду, досить малі порівняно з першими членами.

З формули (9) випливає, що для вхідного перерізу площа $\bar{F}_0 = \pi/2$. Масштабний коефіцієнт для i -го контуру визначимо зі співвідношення

$$\bar{F}_i = \bar{F}_0 = m_i \quad (10)$$

Тоді з рівняння (10) з урахуванням виразу (9) отримуємо:

$$m_i = 1 - \frac{C_1^4}{8\sqrt{4+C_1^2}} \left[1 + \frac{3C_1^2}{4(4+C_1^2)} + \frac{5C_1^4}{32(4+C_1^2)^2} \right] \quad (11)$$

На основі закону (4) з урахуванням співвідношення (10) для розмірного радіус-вектора i -го перерізу отримаємо

$$\bar{r}^* = \bar{r}_i \sqrt{\frac{2K_i F_0}{\pi m_i}} \quad (12)$$

Константа C_i , що входить до рівняння (7), визначається таким чином. Спочатку проводиться екіпотенціал найбільшої довжини – лінія *ODEL* (рис. 1).

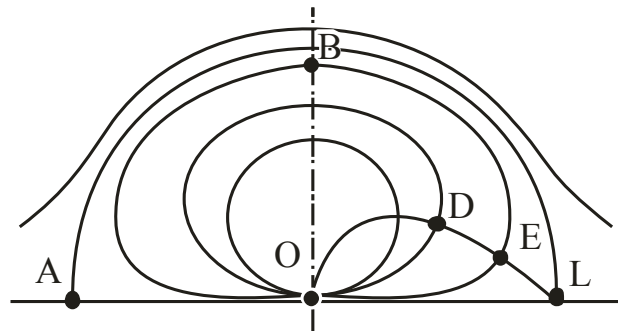


Рис. 1. Схема диполя.

Оскільки рівняння ліній току подані у системі координат r, θ , з метою зручності позначень складових екіпотенціалу *ODEL* в новій системі координат \bar{r}, β з початком:

$$\bar{r} = (1 - \sin \beta) / \cos \beta \quad (13)$$

де $0 < \beta < \pi/2$.

Далі ділимо лінію *ODEL* на n відрізків рівної довжини $\Delta l_1 = h$. Довжину кожного з відрізків Δl_1 визначимо за формулою:

$$h = \frac{1}{\cos^2 \beta_{i-1}} \sqrt{\cos^2 \beta_{i-1} + (1 - \cos \beta_{i-1})^2} \Delta \beta_i \quad (14)$$

де $\Delta \beta_i = \beta_i - \beta_{i-1}$, звідки

$$\beta_i = \beta_{i-1} \frac{h \cos^2 \beta_{i-1}}{\sqrt{\cos^2 \beta_{i-1} + (1 - \cos \beta_{i-1})^2}} \quad (15)$$

Нехай промінь $\beta = \beta_i$, перетинається з лінією *ODEL* у точці *D* (β_i, \vec{r}_i). Прийmemo $\theta = \beta_i$, $\vec{r}_i = r_i$. За вибраної довжини відрізка *h* з формули (15) знаходимо значення β_i . Враховуючи, що $\vec{r}_i = r_i$ з виразу (13) визначаємо величину r_i , а потім з формули (7) величину C_i . При цьому у рівнянні (7) замість значення θ підставляємо β_i . Далі з формули (11) визначаємо m_i , а з виразу (12) – величини радіус-векторів \vec{r}^* . Отримані значення радіус-векторів використовуємо для побудови шуканих контурів проміжних перерізів каналів.

У разі складніших профілів початкового і кінцевого перетинів каналу, застосування даного методу пов'язане з певними труднощами математичного характеру. Тоді проміжні перетини зручно будувати графічно з використанням у пакеті *MathCAD*. Спочатку в обраних масштабах креслять початковий і кінцевий перетин каналу (рис. 2). Після цього проводять найдовшу лінію току *AE*, що розбивається на відрізки рівної довжини, кількість яких дорівнює кількості вибраних перетинів каналу.

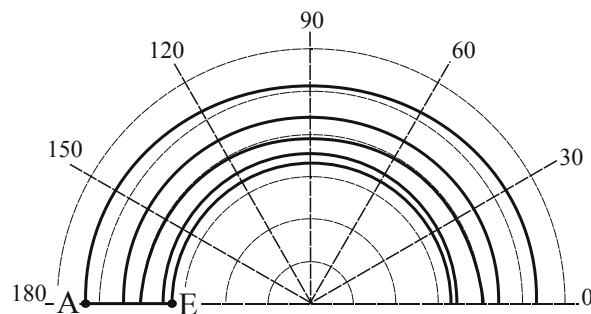


Рис. 2. Побудова еквіпотенціалів.

Потім методом елекромодельовання наносять лінії рівного потенціалу, що проходять через кінці відрізків. Отримані замкнені лінії є шуканою формою проміжних перерізів. Планіметром визначають площу F_i^* , обмежену *i*-тим еквіпотенціалом. Для визначення масштабу m_i використовують співвідношення, аналогічне співвідношенню (10):

$$m_i = F_i^* / F_0^* \quad (16)$$

Збільшення або зменшення прохідних перетинів зручно проводити за допомогою пантографа, масштабний коефіцієнт якої дорівнює $(K/m_i)^{0,5}$, де, як і в формулі (1), значення K_i враховує ступінь розширень (звуження) перерізу каналу. Викладений метод дає можливість уникнути помилок на стадії проектування каналів і патрубків розпилювальних сушильних установок і може бути використаний при конструюванні конфузорних і дифузорних каналів з різними формами вхідного і вихідного перетинів.

Умовні позначення: F – площа перерізу каналу, м^2 ; L – відстань вздовж вісі каналу, м ; R – радіус рівновеликого круга перетину каналу, м ; r, θ – полярні координати; β – азимутний кут; δ^* – товщина витиснення, м ; φ – потенціал швидкості; ψ – функція потоку; \vec{r} – радіус-вектор.

Індекси: 0 – перетин на вході в канал; n – перетин на виході з каналу; $i - 0 \dots n$ – номери перетинів; j – напрям радіус-вектора.

Висновки

1. Розроблено простий і досить точний метод побудови форми каналів розпилувальних пристроїв, широко використовуваних у розпилувальних сушильних установках.

2. Метод дозволяє розраховувати і проектувати канали та патрубки з малою нерівномірністю поля швидкості й низьким аеродинамічним опором.

Список літератури

1. Бессараб А.С. Метод построения гидродинамически целесообразных каналов энергетических установок / А.С. Бессараб, В.В. Шутюк, Т.А. Ващук // Промышленная теплотехника. – 2003. – № 6 (25). – С. 42–45.
2. Драганов Б.Х. Метод профилирования патрубка, соединяющего коллектор со впускным каналом / Б.Х. Драганов, А.М. Колесников // Двигатели внутреннего сгорания. – 1980. – Вып. 32 – С. 45–50.
3. Холуер Д. Теневые методы в аэродинамике / Д. Холуер, Р. Норт. – М.: Мир. 1966. – 179 с.

Рассмотрен метод построения геометрической формы проточной части каналов, который обеспечивает медленный переход между промежуточными сечениями канала, позволяющий уменьшить неравномерность поля скорости в канале и снизить аэродинамические потери распылительных устройств сушильных установок.

Канал, течение, моделирование, сушильные установки, распылительные устройства.

Method of constructing geometric shape of flow channel, which provides slow transition between intermediate section of channel, enabling to reduce unevenness of velocity field in channel and to reduce aerodynamic losses of spray drying device settings.

Channel, flow, modeling, dryers, spray equipment.