

allows during drying time to determine: 1) the influence of viscous-elastic characteristics of lumber (E , E_T , τ_{pen} and $R(\tau-\tau^*, y)$) on its stressed-strained state; 2) the dynamics of moisture and residual stresses on the surface and inside the lumber.

On the basis of the describe way of control of stresses in this studies the system of automatic conducting the process of lumber drying according to the stresses values in their volume is worked out, and its functional scheme is shown on the fig. 3.

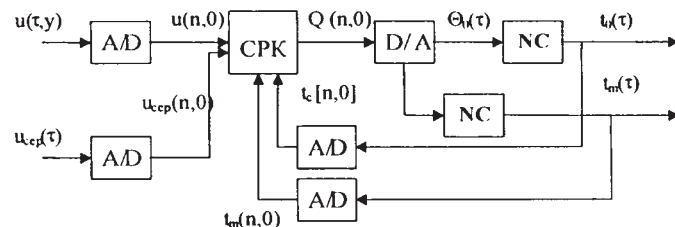


Figure 3. The functional scheme of the system of automatically conducting the process of lumber drying: A/D and D/A – analog-digital, and digital-analogous transformers; CPK – digital conducting mechanism, namely IBM PC; NC – executing mechanism.

References

1. Ecping B., Hajek B. Drying Quality standards – A Statistical and Industrial Evaluation// Proc.3 th IUFRO Wood Drying Conf.-Rotoma. – 1994. – P. 305-312.
2. Лыков А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 471 с.
3. Поберейко Б.П. Методика визначення параметрів кривих повзучості деревини// Науковий вісник. Зб. наук.-техн. пр. – Львів: УкрДЛТУ. – 1998, вип. 8.1. – С. 232-237.
4. Соколовський Я.І., Поберейко Б.П. Визначення напружень у деревині в процесі сушіння// Науковий вісник. Зб. наук.-техн. пр. – Львів: УкрДЛТУ. – 1997, вип. 7. – С. 121-126.
5. Соколовський Я.І., Поберейко Б.П., Филинук Р.В. Экспериментальные исследования реологических свойств древесины и древесных композитов. Мат.матри. конф. "Pokroky vo vyrobe a pouziti lepidel v drevoprismysle", Словачина, 3-5 вересня 1997 р. – С. 85-94.
6. Соколовський Я.І., Поберейко Б.П. Дослідження вологісних і залишкових напружень деревини у процесі сушіння// Науковий вісник. Зб. наук.-техн. пр. – Львів: УкрДЛТУ. – 1998, вип. 8.1. – С. 196-207.
7. Sokolovsky Ya.I., Poberejko B.P., Filinyuk R.V. Technological stresses and strains of wood in the process of drying. XIII konferencija Naukowa Wydziału Technologii Drewna SGGN."Drewno-Material o wyzczestronnym Orzecznaczeniu i zastosowaniu". Warszawa 16-18 listopada 1999.
8. Соколовський Я.І., Поберейко Б.П. Идентификация и способ контроля напряженно-деформируемого состояния древесины в процессе сушки. Материалы III Международного симпозиума "Строение, свойства и качество древесины-2000", – Петрозаводск 2000. – С. 284-287.
9. Welling J. Pre-normative (CEN) R+D Activities Related to Drying Quality Specification and Assessment// Proc. 5th IUFRO Wood Drying Conf.-Quebec City (Canada) – 1996. – P. 309-314.

УДК 674: 621.928.93

Проф. Є.М. Лютый, д.т.н.; доц. П.П. Нахасев,

к.т.н. – УкрДЛТУ; А.В. Ляшенко – Коломийський політехнічний коледж

ВПЛИВ ФІЛЬТРУВАЛЬНОЇ СТІНКИ НА РОЗПОДІЛ ТАНГЕНЦІАЛЬНОЇ СКЛАДОВОЇ ШВИДКОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ У ЦИКЛОНАХ

Описано дослідження, які проводилися авторами, по вивченню тангенціальної складової швидкості потоку у циклоні ЦН-15 та фільтруючому циклоні. Показано позитивний вплив фільтрувальної стінки на розподіл тангенціальної швидкості потоку повітря у попередньому перерізі циклона.

Prof. Ye. Lutyj, doc. P. Nahajev – USUFWT; A.V. Liashenyk – Polytechnical college of Kolomyia

To the problem of distribution of the tangential velocity component of the flow in the cyclon's

This article describes researches, carried out by the authors, concerning the study of the tangential velocity component of the airflow in the cyclone ЦН-15 and filter cyclone. It shows positive filter wall influence on the distribution of the tangential velocity of the flow.

Для опису руху частинок у циклоні використовують різноманітні математичні моделі.

Більша частина цих математичних моделей створюються на основі наступних міркувань. На частинку пилу, яка знаходиться у циклоні, діють такі сили: відцентрова, Стокса, тяжіння, Кореоліса та аеродинамічні сили Магнуса і Сефмана [1-4]. Проте визначальними є відцентрова сила та сила Стокса. Так, наприклад, сила тяжіння є меншою за відцентрову силу в 100...2000 разів [3].

Відцентрову силу обчислюють за формулою

$$P = \frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \rho \cdot \frac{V_\tau^2}{r}, \quad (1)$$

де: d – діаметр частинки; ρ – густина матеріалу частинки; V_τ – тангенціальна складова швидкості потоку; r – відстань від осі циклона до частинки (рис. 1).

Силу Стокса можна визначити як

$$F_{St} = 3\pi\mu d V_R, \quad (2)$$

де: V_R – радіальна швидкість частинки; μ – динамічна в'язкість потоку повітря.

Ефективність циклона характеризується умовним діаметром частинки, що досягне зовнішньої стінки циклона, який визначається з рівняння

$$\frac{\pi \cdot d^3}{6} \cdot \rho \cdot \frac{V_\tau^2}{R} = 3 \cdot \pi \cdot \mu \cdot d \cdot V_R. \quad (3)$$

При різноманітних підходах до розв'язання даного рівняння одержують наступні формули:

- для мінімального діаметра частинки [4]

$$d_{min} = 3 \sqrt{\frac{\mu(R_1 - R_2)}{\pi \rho V_\tau}}, \quad (4)$$

- для середнього діаметра [5]

$$d_{sep} = 3 \sqrt{\frac{\mu \cdot R_a \cdot h \cdot \text{ctg} \alpha}{(1 - k_{pr}) \cdot \rho \cdot V_\tau \cdot L}}, \quad (5)$$

де: n_0 – кількість обертів, що здійснює частинка навколо осі циклона; R_1 – діаметр вихлопної труби; R_2 – діаметр зовнішньої стінки циклона (рис. 1); d_{min} – розмір найменших частинок, що повністю вловлюються у циклоні; $R_a = (R_1 + R_2)/2$; $h = R_2 - R_1$; d_{sep} – розмір частинок, ймовірність уловлення яких циклоном складає 50 %; k_{pr} – коефіцієнт повторного захоплення частинок потоком.



Рис. 1. Циклон ЦН-15

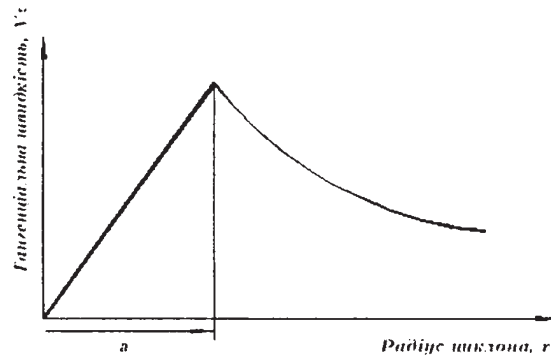


Рис. 2. Розподіл тангенціальної складової швидкості потоку повітря у циклоні за даними [2]

Таким чином з формул (4) і (5) видно, що ефективність уловлення частинки у циклоні залежить від геометричних розмірів циклону, густини матеріалу частинки та значення тангенціальної складової швидкості потоку V_t , вплив якої, як стверджується в [4,5], є значним. Тому на сьогодні описано велику кількість різноманітних досліджень V_t .

У проміжку між стінками вихлопної труби та циклона тангенціальна швидкість змінюється за законом [3]

$$V_t \times r^n = k, \quad (6)$$

де k – постійна величина.

Розподіл тангенціальної швидкості у перерізі циклона, нижчому від вихлопної труби згідно з [3] описується як:

$$\begin{cases} V_t = k \times r, & \text{для } 0 < r < a \\ V_t \times r^n = k & \text{для } a < r < R_2 \end{cases} \quad (7)$$

де R_2 – діаметр циклона (рис. 1).

Показник степені n називають вихровим показником, який характеризує момент збереження кількості руху. Він має значний вплив на ефективність циклона і його втрати тиску. Якщо рух відбувається по концентричних колах у потоці з нульовою в'язкістю і при цьому частинки потоку не обертаються (потік потенціальний), то $n=1$. Проте реальний повітряний потік має певну в'язкість, у ньому присутні турбулентні завихрення та вихрові потоки. Це призводить до того, що на практиці у циклонах значення n є меншим.

Величина показника степені n експериментально була визначена в [3] і може бути представлена формулою

$$n = 1 - \left[(1 - 0,67 \cdot D^{0,14}) \cdot \left(\frac{T}{283} \right)^{0,3} \right], \quad (8)$$

де T – температура у циклоні діаметром D , °K.

Величина показника степені n змінюється у діапазоні від 0,5 до 0,9 згідно [3], або від 0,5 до 0,7 згідно [2]. Тангенціальна швидкість повітряного потоку у циклоні набуває свого максимального значення на відстані a від осі циклона, яка змінюється від половини радіуса вихлопної труби до радіуса залежно від витрат повітря і геометрії циклона (рис. 2). Цей параметр надалі будемо називати радіальною позицією.

За даними [4] положення позиції a значно впливає на ефективність циклона, яка підвищується зі зсувом позиції a до зовнішньої стінки. Аналогічні висновки зроблено у роботі [2], де стверджується, що неповна сепарація дрібних частинок пояснюється головним чином явищем радіального стоку, який в основному й впливає на радіальну позицію a .

Зважаючи на значний вплив тангенціальної складової швидкості повітряного потоку на процеси сепарації, що проходять у циклонах, важливим є дослідження цього фактору у нових типах циклонів. У зв'язку з тим проводилися дослідження тангенціальної швидкості у просторі між вихлопною трубою та зовнішньою стінкою у циклоні ЦН-15 та фільтруючому циклоні.

Для замірів тангенціальної складової швидкості повітряного потоку використовувався прилад TESTOVENT4000/07.88-1, який представляє собою мініатюрний крильчастий анемометр, що підключений до мікропроцесорного блоку. Прилад призначений для вимірювань швидкості потоку повітря у межах 0,4-40 м/с з точністю $\pm 0,1$ м/с, температури від -120 °C до 1300 °C з точністю $\pm 0,2$ °C і дозволяє вимірювати швидкість потоку у будь-якій точці, середню швидкість потоку у декількох точках, середню швидкість потоку за певний проміжок часу.

Для зменшення впливу нестабільних у часі турбулентних завихрень на результати замірів анемометр поміщався у точку заміру, жорстко закріплювався за допомогою спеціального пристрою і після витримки 5 секунд вмикався на початок замірів. У кожній точці анемометр витримувався протягом 30 секунд, після чого пристрій визначав усереднене у часі значення швидкості потоку повітря.

Дослідження циклона ЦН-15 продуктивністю 1300 м³/год, (розміри якого складали: $R_1=118$ мм, $R_2=200$ мм, показали, що радіальна позиція a розміщена поблизу вихлопної труби. Значення a можна вважати рівним $0,67R_2$.

Показник степені n вираховувався по одержаних результатах досліджень за допомогою процедури пошуку рішення програми Microsoft Excel і був визначений, як $n=0,75$. Причому при різних продуктивностях потоку значення n змінювалося не більше ніж на 8 %.

Якщо представити графічно зміну відношення тангенціальної швидкості повітря у даній точці до максимального її значення у проміжку між вихлопною трубою та зовнішньою стінкою (див. рис. 3,а), то можна стверджувати, що характер зміни практично зберігається, хоча й має місце незначна тенденція до вирівнювання тангенціальної швидкості потоку при збільшенні навантаження на циклон.

У більшості публікацій про вплив поля швидкостей на ефективність циклона не пропонується методів боротьби з низькою ефективністю цих сепараторів. Корисним може бути досвід використання фільтруючих циклонів [6], в яких зовнішня металічна стінка замінена фільтрувальною. Такі циклони встановлюються виключно на нагнітальній ділянці вентилятора.

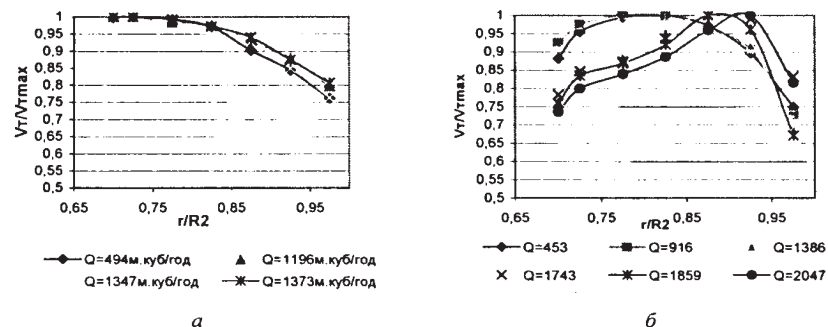


Рис. 3. Розподіл тангенціальної складової швидкості потоку у просторі між вихлопною трубою і зовнішньою стінкою у циклоні ЦН-15 (а) і фільтруючому циклоні (б)

У фільтруючих циклонах позиція *a* зміщена до зовнішньої стінки циклона (рис. 3,б). Якщо у звичайному циклоні зона найнижчого статичного тиску повітря знаходиться поблизу вихлопної труби і створений радіальний градієнт тиску протидіє рухові частинки до зовнішньої стінки циклона та сприяє виникненню радіального стоку, то у фільтруючому циклоні зона найнижчого тиску повітря (найвища швидкість потоку) зміщена до зовнішньої стінки, причому зі збільшенням продуктивності циклона ця зона все більше наближається до корпусу циклона. При цьому виникає радіальний градієнт тиску, який сприяє рухові частинок пилу від вихлопної труби до зовнішньої стінки, що збільшує ефективність циклона.

У просторі між вихлопною трубою і стінкою фільтруючого циклона створюється радіальний потік повітря, який направлений до зовнішньої стінки. Він захоплює дрібні частинки пилу і сприяє кращому, порівняно зі звичайними циклонами, уловленню дрібних фракцій пилу. У просторі нижче вихлопної труби такий потік протидіє негативним проявам радіального стоку, що підвищує ефективність циклона.

При вивченні циклонів важливим є не тільки значення швидкості потоку повітря у певній точці, а й закономірності зміни швидкості, тому на графіку по осі ординат відкладено відношення значення тангенціальної складової швидкості повітряного потоку у певній точці до її максимального значення у проміжку між вихлопною трубою та зовнішньою стінкою циклона.

Таким чином проведені дослідження показали сприятливий розподіл тангенціальної складової швидкості потоку повітря у фільтрувальних циклонах. Високу ефективність очистки аспіраційного повітря у фільтруючих циклонах підтверджено практикою [6].

Література

1. Майструк В.В. Розділення запиленних газів у циклонах з проміжним відведенням твердої фази. Дис.канд.тех. наук. 29.06.2000/ ДУ "Львівська політехніка". – Львів, 2000. – 127 с.
2. Пирумов А.П. Аэродинамические основы инерционной сепарации/ Под ред. Н.Я.Фабриканта. – М.: Госстройиздат, 1961. – 352 с.
3. Christian Fredriksson. Exploratory Experimental and Theoretical Studies of Cyclone Gasification of Wood Powder. Doctoral thesis. Lulea university of technology. Sweden. 1999.
4. Yuanhui Zhang. Modeling and Sensitivity Analysis of Dust Particle Separation for Uniflow Dedusters. University of Illinois Urbana-Champaign, 2000.

5. Determining the best modeling assumptions for cyclones and swirl tubes by CFD and LDA. W.Peng, P.Boot, A.Udding, A.C.Hoffmann and other. International Congress for particle Technology PARTEC 2001. Nuremberg, Germany 27-29 March 2001.

6. Ляшенко А.В. Високоэффективная повітроочисна установка з фільтрувальними циклонами// Світ меблів і деревини, 1999 №2. – С. 28-29.

УДК 674.02: 621.923

Проф. В.М. Голубець, д.т.н.; доц. О.А. Кійко, к.т.н.;
аспір. Б.О. Магура – УкрДЛТУ

ВПЛИВ ВМІСТУ ЗЕРНА, ЗВ'ЯЗУЮЧОГО МАТЕРІАЛУ ТА ЗЕРНИСТОСТІ НА ТВЕРДІСТЬ АБРАЗИВНИХ КРУГІВ

Наведено результати експериментальних досліджень залежності твердості абразивних кругів від процентного вмісту зерна, зв'язуючого матеріалу та зернистості. Отримано математичну модель залежності твердості круга від досліджуваних факторів.

Prof. V.M. Golubec; doc. O.A. Kiyko; B.O. Magura – USUFWF

The influence of the content of abrasive, binder and graininess on the hardness of the abrasive circles

The results of the experiments on the dependence of the abrasive circles hardness on the percentage of abrasive, binder and graininess have been proposed. The mathematic model of the dependence of the abrasive circles hardness on the investigated factors is obtained.

Якість абразивних кругів, які використовуються для шліфування деревини та деревних матеріалів, характеризується величиною питомої продуктивності роботи круга, питомого зносу, шорсткістю шліфованої поверхні та стійкістю. На стійкість круга, як зазначає А.І.Яцюк [1], впливає його твердість і ступінь однорідності, кількість зв'язуючого матеріалу, питомий тиск пресування при формуванні інструмента та інші. Під твердістю абразивного інструмента розуміють здатність зв'язуючої речовини чинити опір вириванню абразивних зерен з поверхні інструменту під дією зовнішніх зусиль. Таким чином, твердість абразивного інструменту визначається силами взаємозв'язку між абразивними зернами і зв'язуючою речовиною, тобто співвідношенням компонентів у крузі.

Для визначення залежності твердості абразивних кругів $H_{кр}$ від процентного вмісту абразивного зерна V_z і зв'язуючого матеріалу $V_{зв}$, а також від номера зернистості нами було реалізовано В-план з повнофакторним планом (ПФП) типу 2^3 в ортогональній частині.

У якості абразивного зерна використовувався карбід кремнію чорний, в якості зв'язуючої речовини – пульвербакеліт (фенольне порошкоподібне зв'язуюче СФП-012А (ТУ 6-05751768-35-94)), який є сумішшю новолачної феноло-формальдегідної смоли з уротропіном. Зволожувачем абразивних зерен взято рідкий бакеліт БЖ-3(ГОСТ 4559-78), який являє собою резольну смолу, отриману при конденсації фенолу з формальдегідом.

Фактори варіювались у наступних межах: $44 \leq V_z, \% \leq 48$; $9 \leq V_{зв}, \% \leq 15$; $0.1 \leq K_z \leq 0.3$ (табл. 1).

Коефіцієнт K_z введено для зручності розрахунків, а його значення визначається за формулою: $K_z = \lg z - 1.4$, де z – номер зернистості абразиву.