

seline was validated. This baseline is log geometric (linear regressive) axis. The value of bow height is characterized by doubled value of deviation from log geometric (linear regressive) axis. Three main determinations of effective identification for availability of log multiple sweep (curvature) were proposed. The method of modification for log multiple sweep (curvature) identification and effective crosscut of that log into parts (permissible pieces) was developed.

Keywords: log, multiple sweep (curvature), baseline, deviation of log shape, bow height, crosscut (dividing), part (piece), axis of log, optimization, log length.

УДК 674 621.928.93

Викл. А.В. Ляшеник¹, канд. техн. наук;
доц. Л.О. Тисовський², канд. фіз.-мат. наук;
викл. Л.М. Дорундяк¹; ст. викл. Ю.Р. Дадак², канд. техн. наук

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЦИКЛОНА ДЛЯ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ДЕРЕВООБРОБНОЇ ГАЛУЗІ

Здійснено аналіз існуючих конструкцій циклонів з погляду сучасного деревообробного підприємства. Вказано на деякі їх недоліки та необхідність розроблення нового апарата. На основі побудованої раніше математичної моделі розроблено рекомендації щодо форми та розмірів окремих частин нової конструкції циклона.

Основні типи циклонів, що використовуються в деревообробній промисловості та вимоги, що висуваються до них. У попередніх публікаціях [1, 2] автори зробили висновок про те, що циклони, незважаючи на втрату популярності, не можуть бути повністю усунені з сучасного деревообробного виробництва. Їх "ніша" – очищення повітря від станцій перекачування відходів, де концентрація пилу в повітряному потоці може становити до 60 %. Внаслідок зміни умов роботи, необхідно провести аналіз відомих конструкцій циклонів, які традиційно використовуються на підприємствах галузі та, в разі потреби, розробити на їх основі нову конструкцію апарата.

До циклона в умовах сучасного деревообробного підприємства висувають такі основні вимоги:

1. Простота конструкції. Досвід використання свідчить, що в умовах реального деревообробного виробництва надійно і ефективно працює тільки таке обладнання. Відомі на сьогодні пристрої з автоматично регульованими витратами та інші надмірно ускладнені конструкції циклонів не знайшли застосування.
2. Здатність працювати за високої концентрації пилу у вхідному потоці.
3. Висока ефективність уловлення пилу.
4. Низький гідравлічний опір.
5. Стійкість до абразивної дії повітряного потоку.

Найбільш відомими конструкціями пристроїв, які призначені для використання на деревообробних підприємствах, є циклони "Гіпродрева", "Гіпродревпрома" та "К".

¹ Коломийський політехнічний коледж;

² НЛТУ України, м. Львів

Циклони "Гіпродрева" призначені для очищення повітря від грубих фракцій пилу. Характерною особливістю цього сепаратора є наявність у вихідному патрубку радіальних ребер, які перешкоджають обертанню потоку у вихлопній трубі. Оптимальна швидкість повітря у вхідному патрубку 17-25 м/с, у вихідному – 1-1,65 м/с. Апарати цього типу характеризуються великими розмірами, що інколи призводить до обмеження їх використання.

Циклони "К" використовують у системах пневмотранспорту стружки і деревних відходів. Такі сепаратори ефективно вловлюють стружку та крупні фракції пилу. Швидкість повітря у вхідному патрубку – 14-18 м/с. Ефективність циклонів становить 88-95 %. Основною їх перевагою є невисокий, порівняно з іншими конструкціями, гідравлічний опір. Останніми роками, коли значно зросли вимоги до охорони довкілля, циклони "К" рідко застосовують самостійно. Найбільш доцільно застосовувати таку конструкцію під час очищення потоку повітря, в якому відсутній пил. Наприклад, у разі видалення вологої тирси від пилорам.

Більш ефективними є циклони "Гіпродревпрома" (Ц). Швидкість потоку у вхідному патрубку такого циклона рекомендується у межах 16-24 м/с. Конструктивна особливість полягає в тому, що поверхню вихлопної труби у внутрішній частині циклона утворюють жалюзі. Такий підхід підвищує ефективність вловлювання крупних частинок пилу. До недоліків конструкції циклона такого типу потрібно віднести підвищений опір і часте забивання жалюзі в процесі експлуатації. Результати досліджень на ряді меблевих та деревообробних підприємств дали змогу оцінити їх реальну ефективність. Ступінь очищення у вловлюванні суміші зі стружки та пилу склала 90,8 % на циклонах великих діаметрів та 97,5 % на циклонах малого діаметра. Під час вловлювання шліфувального пилу ефективність відповідно становила 76 % і 87 %.

Перші дві конструкції циклонів не дають змоги ефективно уловлювати частинки пилу. Циклони "Ц" теж не задовольняють сучасних вимог, оскільки під час очищення повітряних потоків з високою концентрацією відходів будуть часто забиватися. Тому необхідно розробити нову конструкцію пиловловлювача.

Аналіз основних факторів, що впливають на ефективність роботи циклонів. Зроблено спробу визначити основні характеристики нової конструкції циклона для використання в умовах сучасного деревообробного виробництва. У попередніх публікаціях було встановлено, яким чином зміна форми та геометричних розмірів циклона впливає на характеристики процесу сепарації пилу з повітряного потоку. На основі розробленої математичної моделі [2] проведемо аналіз руху повітряних потоків у циклонах і здійснимо підбір параметрів циклона для деревообробного підприємства. За основу для порівняння візьмемо циклон ЦН-15. Такий вибір спричинений широкою популярністю, надійністю та простотою конструкції. Окрім того, існує велика кількість публікацій результатів досліджень циклона ЦН-15.

На аеродинаміку руху повітряних потоків та процес сепарації пилу в циклоні має значний вплив внутрішній дизайн циклона. Навіть шорсткість стінок впливає на характеристики апарата. У циклоні не повинно бути час-

тин, які виступають, значних нерівностей, грубих швів. Проведемо аналіз різних конструкцій окремих складових частин циклона для нової конструкції пиловловлювача. Виберемо рекомендовану форму вхідного патрубку та конічної частини, значення висоти циліндричної частини та глибини занурення вихлопної труби.

Форма вхідного патрубка. Вплив форми вхідного патрубка на характеристики циклона досліджено у монографії [3]. Скористаємося рекомендаціями [3, 4] і використаємо гвинтовий вхідний патрубок, який забезпечує високий ступінь очищення повітряного потоку в апараті.

Висота циліндричної частини циклона і глибина занурення вихлопної труби. На основі результатів, які були отримані у статті [5], проаналізуємо вплив висоти циліндричної частини на гідравлічний опір апарата (рис. 1) та критичний діаметр частинок пилу, які будуть уловлені в циклоні (рис. 2), тобто на його ефективність. Збільшення значення висоти циліндричної частини знижує гідравлічний опір та підвищує ефективність циклона. Надмірне збільшення – приводить до зростання габаритних розмірів пиловловлювача, підвищення його металомісткості і, відповідно, собівартості.

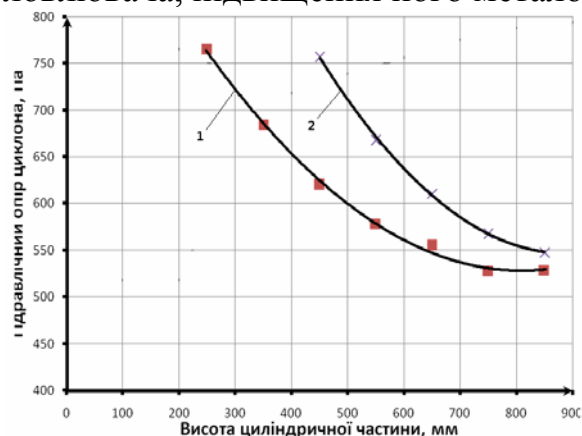


Рис. 1. Залежність гідравлічного опору циклона від висоти циліндричної частини за значень глибини занурення вихлопної труби 116 мм (крива 1) та 316 мм (крива 2)

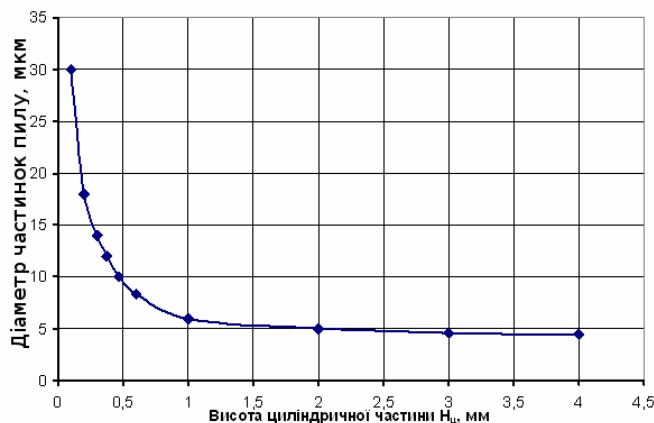


Рис. 2. Залежність діаметра частинки пилу, яка буде уловлена у циклоні від довжини циліндричної частини апарата

Глибина занурення вихлопної труби має значний вплив як на гідравлічний опір циклона так і на його ефективність. Такі параметри, як висота циліндричної частини та глибини занурення вихлопної труби потрібно розглядати одночасно, оскільки вони тісно пов'язані між собою. У разі зростання значення глибини занурення, доцільно збільшувати висоту циліндричної частини. Далі зручно використовувати такий параметр, як відстань (H_V) від нижньої частини вихлопної труби до початку конічної частини циклона. Залежність гідравлічного опору циклона від глибини занурення вихлопної труби та відстані від її нижньої частини до початку конічної частини циклона проаналізовано у статті [5] та представлено на рис. 3 та 4. У пропонуваній конструкції циклона доцільно значення H_V приймати з діапазону 600-700 мм. З оглядом на закони аеродинамічної подібності, зручно використовувати відношення значення параметра до діаметра циліндричної частини апарата.

Приймаємо $H_V = (1,5 \div 1,75) D$. Значення висоти циліндричної частини доцільно прийняти $H = (2 \div 2,2) D$.

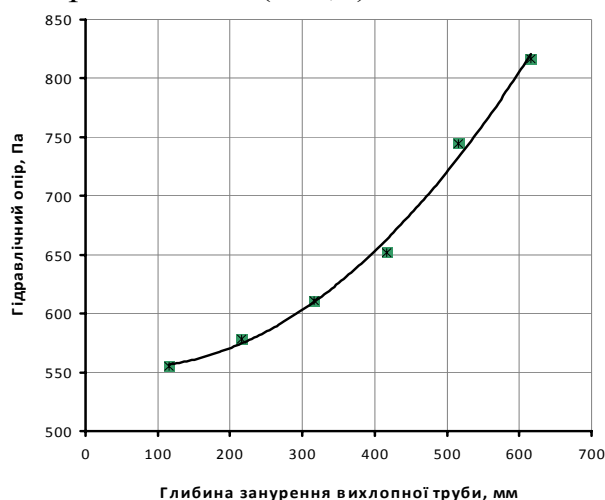


Рис. 3. Залежність гідравлічного опору циклона від глибини занурення вихлопної труби

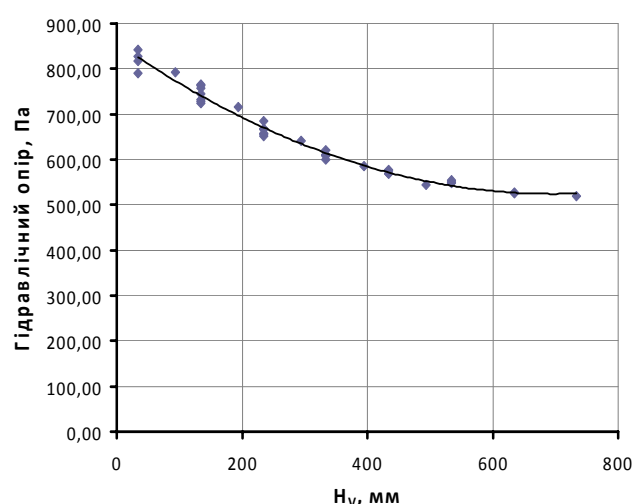


Рис. 4. Залежність гідравлічного опору циклона від відстані H_V

Форма і розміри конічної частини. На сьогодні існують два види виконання конічної частини циклона: з традиційним чи зворотним конусом. Циклони з традиційним конусом – ЦН-15, "Ц", "К" та багато інших. Зворотний конус використаний у конструкціях ЦОК, "РИСИ". Форма конічної частини має значний вплив як на аеродинаміку руху повітряних потоків у циклоні, так і на ефективність процесу очищення запиленого потоку. При виборі тієї чи іншої конструкції конічної частини, варто брати до уваги й умови вивантаження відходів у бункер. На рис. 5 представлено розподіл статичного тиску по висоті циклона у випадку застосування традиційного (крива 1) та зворотного (крива 2) конусів.

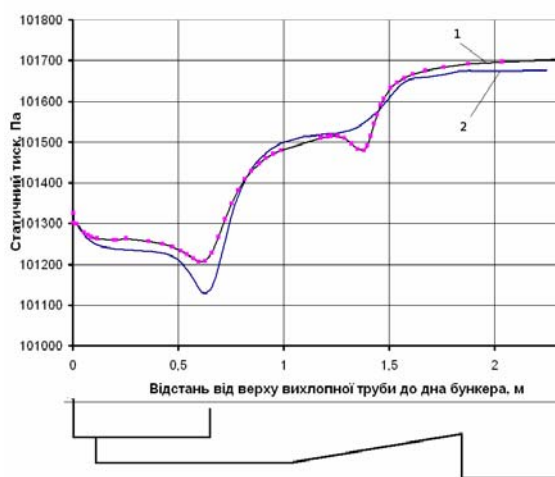


Рис. 5. Розподіл статичного тиску по осі циклона в апараті зі зворотним (крива 1) та традиційним (крива 2) конусами

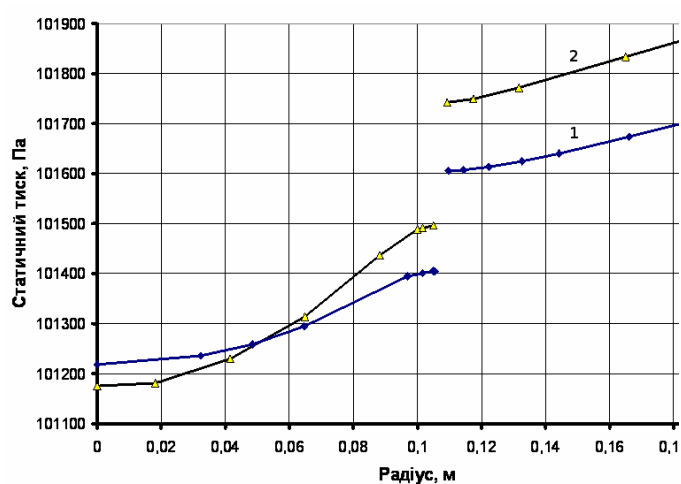


Рис. 6. Розподіл статичного тиску на проміжку від осі до зовнішньої стінки циклона на рівні середини вихлопної труби в апараті зі зворотним (крива 1) та традиційним (крива 2) конусами

У сепараційній зоні менший градієнт статичного тиску (рис. 6) спостерігається у циклоні зі зворотним конусом, що мало б створювати більш спри-

ятливі умови для протікання процесу очищення повітряного потоку. Ще одним аргументом на користь використання зворотного конуса є висока концентрація пилу у вхідному потоці. У циклонах з традиційним конусом можливим є забивання пиловипускного отвору в той час як конструкції зі зворотним конусом такої небезпеки позбавлені. На рис. 7 та 8 відповідно представлені графіки залежності гідравлічного опору циклона від діаметра пиловипускного патрубку та висоти конічної частини при використанні традиційного конуса. Приймаємо значення висоти конічної частини $H_k=800-900$ мм, або $2,0-2,2 D$. Остаточним критерієм на користь використання тієї чи іншої конструкції конічної частини повинні стати експериментальні дослідження апарата, для проведення яких буде виготовлено конуси різних конструкцій.

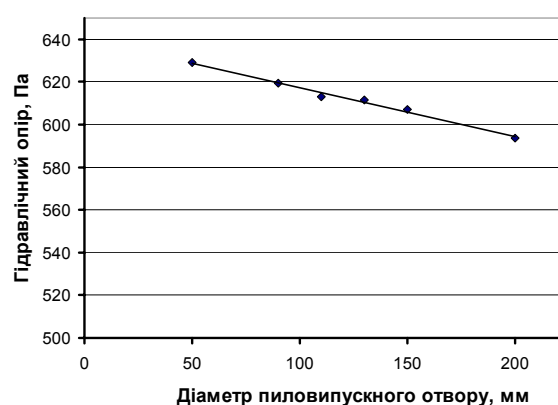


Рис. 7. Залежність гідравлічного опору циклона від діаметра пиловипускного отвору

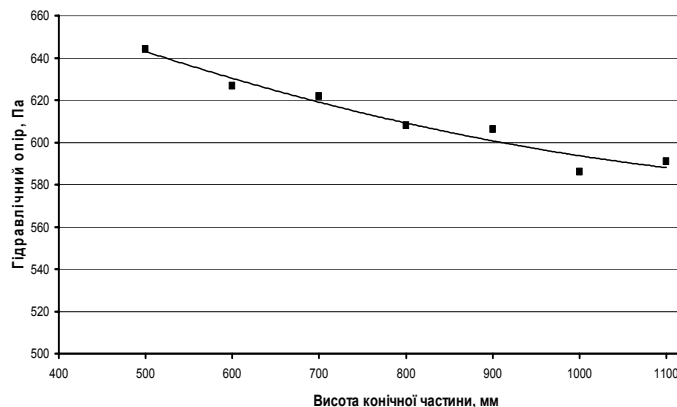


Рис. 8. Залежність гідравлічного опору від висоти конічної частини

Конструкція бункера. Експериментально було доведено [6, 7], що визначальним фактором у роботі циклона є тиск у бункері апарата. Якщо у пилозбірнику виникає розрідження, то з'являється підсмоктування повітря з атмосфери у бункер, що значно знижує ефективність процесу очищення газового потоку. З інших джерел [8] відомо, що відсмоктування частини повітря з бункера сприяє підвищенню ефективності процесу очищення та одночасно знижує гідравлічний опір апарата. На думку авторів, влаштовувати складні механізми для такого відбору повітря з бункера є недоцільно, оскільки це призведе до ускладнення конструкції циклона. Також відомими є приклади роботи циклонів на деревообробних підприємствах без бункера. Це пояснюється тим фактом, що традиційно такі апарати встановлюють на нагнітальній стороні вентилятора, тобто вони працюють під напором, а тому легко добитися підвищення статичного тиску в місці з'єднання конуса з бункером та у самому пилозбірнику. Далі ефекту відсмоктування частини очищеного повітря можна добитися встановленням невеликого фільтрувального рукава на бункері. При цьому варто особливу увагу приділити тому, щоб у пилозбірнику не виникало розрідження. З'ясуємо, від яких параметрів циклона залежить значення тиску в бункері. На рис. 9-11 представлені залежності статичного тиску на осі циклона від верхнього краю вихлопної труби до дна бункера для різних значень діаметра пиловипускного отвору, висоти циліндричної частини, діаметра вихлопної труби та глибини її занурення.

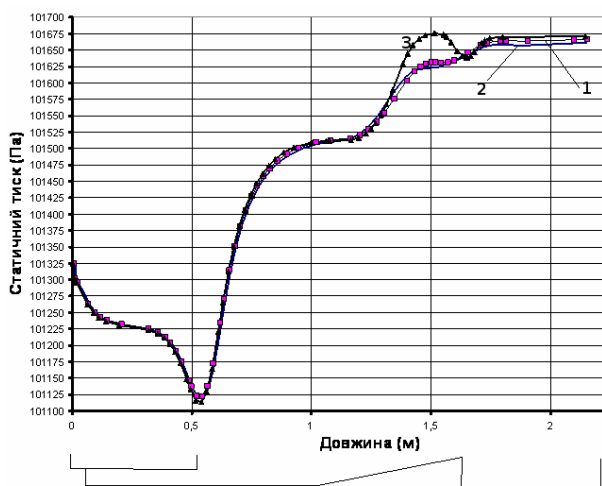


Рис. 9. Розподіл статичного тиску по осі циклона за різних діаметрів пилівипускного отвору: 1 – 150 мм, 2 – 110 мм, 3–150 мм

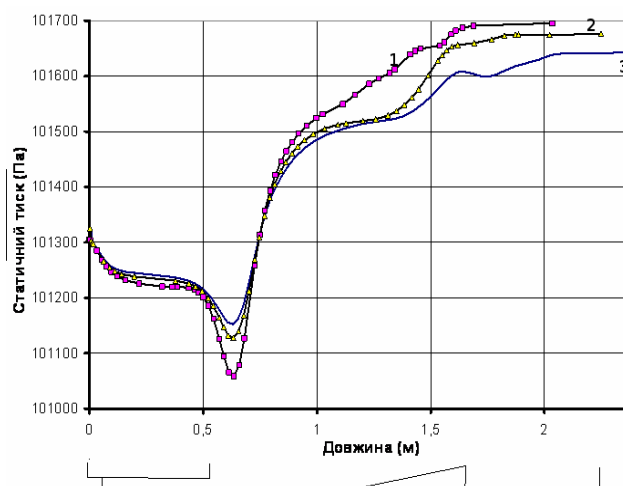


Рис. 10. Розподіл статичного тиску по осі циклона за різних значень висоти циліндричної частини: 1 – 300 мм, 2 –600 мм, 3 – 800 мм

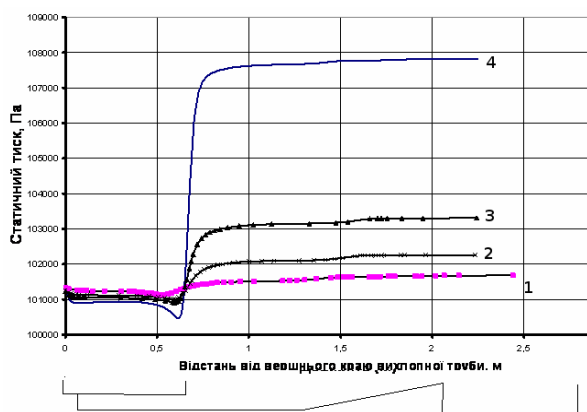


Рис. 11. Розподіл статичного тиску по осі циклона за різних значень діаметра вихлопної труби: 1 – 210 мм, 2 – 180 мм, 3 – 120 мм, 4 – 90 мм

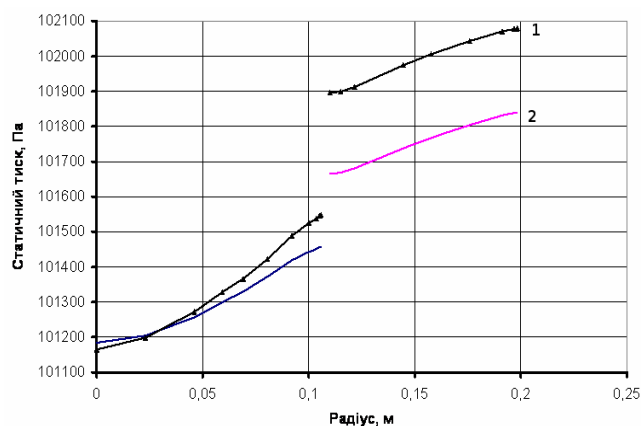


Рис. 12. Розподіл статичного тиску на проміжку від осі до зовнішньої стінки циклона на рівні середини вихлопної труби за різних значень висоти циліндричної частини: 1 – 300 мм, 2 – 800 мм

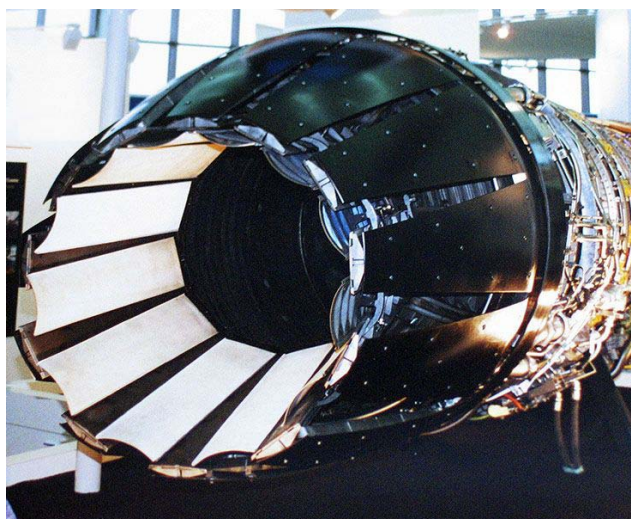


Рис. 13. Пристрій для регулювання площі поперечного перерізу

Найбільший вплив на характер зміни статичного тиску в нижній частині циклона має значення діаметра вихлопної труби. Такий результат дає змогу розробити конструкцію циклона з регульованими витратами повітря. Для цього достатньо використати конструкцію пристрою для зміни площі поперечного перерізу вихлопної труби, як це, наприклад, зроблено у двигунах літаків (рис. 13). Сучасна елементна база дає змогу зробити такий циклон без надмірного ускладнення конструкції.

Висновки. Представлені вище результати отримані на основі аналізу розробленої математичної моделі руху запиленого потоку повітря у сепараторі. Наступним кроком мають бути експериментальні дослідження та порівняння їх результатів з результатами теоретичних досліджень. Автори розробили дослідну конструкцію пиловловлювача, яка дає змогу змінювати висоту циліндричної, змінювати площу перерізу вихлопної труби та використовувати різні типи конічної частини. Дослідження такого циклона будуть проводитися на стенді, який був представлений у роботі [3]. Метою наступних досліджень є порівняння теоретичних та експериментальних результатів і розроблення остаточних рекомендацій щодо проектування нової конструкції циклона.

Література

1. **Постановка задачі** про математичне моделювання руху повітряного потоку в циклоні та шляхи її числової реалізації / Є.М. Лютий, Л.О. Тисовський, Ю.Р. Дадак та ін. // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 19.1. – С. 48-54.
2. **Побудова** математичної моделі для задачі про рух повітря в циклоні / Л.О. Тисовський, Л.М. Дорундяк, А.В. Ляшеник // Всеукраїнський науково-технічний журнал ПІП, 2010/ – Вип. 2(28). – С. 57-62.
3. **Циклони** в деревообробній промисловості : монографія / Є.М. Лютий, Л.О. Тисовський, Ю.Р. Дадак, А.В. Ляшеник. – Львів : Ред. журналу "Український пасічник", 2009. – 148 с.
4. **Пирумов А.И.** Обеспыливание воздуха / А.И. Пирумов. – М. : Стройиздат, 1981. – 296 с.
5. **Про вплив** висоти циліндричної частини та глибини занурення вихлопної труби на характеристики циклона / А.В. Ляшеник, Л.О. Тисовський, Л.М. Дорундяк та ін. // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2009. – Вип. 21.3. – С. 48-54.
6. **Страус В.Д.** Промышленная очистка газов / В.Д. Страус. – М. : Изд-во "Мир", 1981. – 616 с.
7. **Ebbenhorst-Tengbergen H.J. van**, Problems and Control of Air Pollution. Ed. Mallette. – P. 255, Reinhold (1955).
8. **Кирсанова Н.С.** Новые исследования в области центробежной сепарации пыли: обзорная информация (НИИгаз) / Н.С. Кирсанова. – М. : Изд-во "Наука", 1989. – 57 [1] с.

Ляшеник А.В., Тисовський Л.О., Дорундяк Л.М., Дадак Ю.Р. К вопросу обоснования конструкций циклона для очистки воздуха на предприятиях деревообрабатывающей промышленности

Произведен анализ существующих конструкций циклонов с точки зрения современного деревообрабатывающего производства. Указаны их недостатки и необходимость разработки новых аппаратов. На основе построенной раньше математической модели описаны рекомендации к форме и размерам отдельных частей новой конструкции циклона.

Lyashenyk A.V., Tysovskyy L.O., Dorundyak L.M., Dadak Yu.R. To the questions of design of cyclone for cleaning air in the woodworking plants

The analysis of existing constructions of cyclones in terms of modern woodworking enterprise is carried out. The conclusion about their imperfections and necessity to develop a new device is drawn. Based on the previously constructed mathematical model, recommendations on the type and size of separate parts of a new design of cyclone were elaborated.

УДК [338.45:621.71/.74](477)

Мол. наук. співроб. М.С. Габрель,
канд. екон. наук – ІРД НАН України, м. Львів

ВИРОБНИЦТВО ТВЕРДОГО БІОПАЛИВА В УКРАЇНІ: СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Обґрунтовано особливості формування виробництва твердого біопалива в Україні. Проаналізовано основні його проблеми та окреслено напрямки розвитку виробництва твердого біопалива у структурному розрізі.

Ключові слова: біопаливно-енергетичні ресурси, тверде біопаливо, ринок твердого біопалива, енергетичний потенціал.

Постановка проблеми. Скорочення споживання природного газу, розвиток енергозбереження та вирішення нагальних екологічних проблем – найбільш актуальні задачі, що постають сьогодні перед Україною. Незважаючи на це, в Україні розвиток виробництва та використання твердих біопалив стримується та відстає як від внутрішніх потреб країн, так і від світової динаміки її розвитку.

Варто зазначити, що тверде біопаливо відіграє істотну роль в енергозабезпеченні промислово розвинених країн: у США її частка становить близько 4 %, у Данії – 6 %, у Канаді – 7 %, в Австрії – 14 %, у Швеції – 16 % загального споживання первинних енергоресурсів, а альтернативні джерела енергії повністю забезпечують потребу в енергії в Австрії – 22,0 %, Швеції і Норвегії – 45-55 %. Ці країни, а також Німеччина, передбачають до кінця поточного століття всі потреби в енергії забезпечити за рахунок відновлювальних джерел. За матеріалами Програми ООН, частка відновлюваних джерел енергії в загальносвітовому паливно-енергетичному балансі у 2050 р. може досягти 50 %, а відповідно до прогнозу Світової енергетичної Ради, на кінець поточного століття вона сягне 80-90 %. Отже, біомаса за значенням посідає четверте місце серед палив і забезпечує близько 2 млрд т у. п. на рік, або 14 % загального споживання первинних енергоносіїв у світі (у країнах, що розвиваються – понад 30 %, іноді до 50-80 %). В Україні економічно доцільний потенціал біомаси оцінюється у 27 млн т/рік, де основними складовими його є сільськогосподарські відходи та енергетичні культури [1]. Разом з тим, виробництво твердого біопалива в Україні у 2011 р., за оцінками експертів становитиме близько 300,0 тис. т/рік, з яких 95 % експортуватиметься в країни ЄС. Таким чином, нова для економіки України галузь є на сьогодні експортноорієнтованою.

Аналіз останніх досліджень. Вагомий внесок у вирішення теоретико-методологічних аспектів розвитку сировинних ресурсів для виробництва біопалив та розвитку ринків твердого біопалива в Україні здійснили такі вчені: В.Г. Андрійчук, А.О. Бабич, В.І. Бойко, П.І. Гайдучкий, В.П. Галушко,