

них підприємств використовують розчин гіпохлориду, газоподібний хлор або порошкоподібне хлорне вапно. Небезпечні виділення цих речовин подразнюють шкіру, слизову оболонку очей, легеневу тканину, що призводить до набряку легенів. Встановлено, що концентрація хлору  $100 \text{ мг/м}^3$  є небезпечною для життя при дії протягом години, а концентрація  $3 \text{ г/м}^3$  призводить до смерті у разі п'ятихвилинного впливу. У процесі фарбування досить широко застосовують соляну і сірчану кислоти. Дія соляної кислоти проявляється через роз'їдання окремих ділянок шкіри слизової оболонки очей. Пари соляної кислоти подразнюють дихальні шляхи, викликають ларингіти та бронхіти.

Сірчана кислота викликає сильне подразнення та хімічні опіки слизової оболонки дихальних шляхів. Токсичні речовини текстильної промисловості можуть потрапляти в атмосферу і стічні води. Це стосується парів розчинників, формальдегіду, як і створюють неприємні запахи сірководню, вуглеводнів та сполук металів. Залишки формальдегіду і деяких сполук важких металів у тканинах можуть спричинити подразнення шкіри та сенсibiliзацію в людей, які носять одяг з пофарбованих тканин.

Циклогексанон – масляниста рідина із запахом ацетону і м'яти, відноситься до наркотиків. Застосовується у промисловості як розчинник і як вихідна сировина у виробництві хімічних волокон. Встановлено, що пари циклогексанону повільно насичують організм і повільно видаляються з нього. Особам, що працюють з цим препаратом, необхідно звертати увагу на стан крові. Проведені досліді дали змогу обґрунтувати гранично допустиму концентрацію парів циклогексанону в повітрі робочих приміщень –  $0,01 \text{ мг/м}^3$ .

Циклогексанол – прозора безбарвна рідина без запаху, що використовується для приготування авіражу БВ, який застосовується у виробництві синтетичних волокон як оздоблювальна речовина. Циклогексанол викликає ураження центральної нервової системи, судом, має хроно-концентраційну дію. Дибутилфталат – рідина без запаху, що застосовується в органічному синтезі, є вихідною сировиною у виробництві хімічних волокон. Унаслідок отруєння парами ДБФ спостерігається аритмія дихання, судом. Розрахунки за фізико-хімічними константами дали змогу встановити ГДК дибутилфталату:  $0,029-0,12 \text{ мг/л}$ .

Діалкілфенілфосфат (ДАФФ) – препарат, що застосовується у виробництві штучних тканин. Він є більш сильною отрутою, ніж ДБФ не тільки за гранично-допустимою концентрацією, але і за клінічною картиною. Розрахункова орієнтована ГДК для парів ДАФФ становить  $0,0089-0,0267 \text{ мг/л}$ . Як оздоблювальний матеріал у виробництві хімічних волокон і для приготування водяних емульсій із мінеральними оліями застосовують маслянисту рідину коричневого кольору – авіоль. Сировиною для його отримання є олейнова кислота, бутиловий спирт, купоросна олія і аміачна вода. Дослідами встановлено, що розчини авіолю спричиняють місцеве подразнення очей, запалення шкіри. Авіоль виявляє бактеріостатичну дію на стафілококи і стрептококи.

Ронгаліт – речовина, яку застосовують у текстильній промисловості як відновлювач у фарбуванні кубовими барвниками. У досліді на тваринах встановлено, що його водні розчини 1:10 (із розрахунку  $0,15-0,17 \text{ р/кг}$  ваги тварини) посилюють частоту дихання і підвищують кров'яний тиск. Унасліді-

док збільшення дози до  $1 \text{ р/кг}$  тварини гинуть. Для промивання тканин у текстильній промисловості використовують гексаметафосфат, пари якого мають місцеву подразнювальну дію.

Отже, з метою гігієни та профілактики дії різних хімічних речовин, що використовуються у текстильній промисловості, працівникам необхідно дотримуватися техніки безпеки, проводити аналіз рівня забруднення сировинних матеріалів, готових текстильних виробів, оцінювати дози надходження токсичних речовин в організм людини.

## Література

1. Про проведення державної санітарно-гігієнічної експертизи щодо розробки, виробництва і застосування продукції, яка може негативно впливати на здоров'я людини: Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 20.10.95 р., № 190. Зареєстровано у Мін'юсті України від 03.01.96 р., № 2/1027.
2. Боговский П. Гигиенические аспекты изучения канцерогенных N – нитросоединений / П. Боговский, К. Веттинг // Гигиена и санитария. – 1988. – № 4. – С. 58-63.
3. Скляниников В.П. Гигиеническая оценка материалов для одежды / В.П. Скляниников, Р.Ф. Афанасьева, Е.Н. Мешкова. – М. : Легпромбытиздат, 1985. – 144 с.
4. Рудацька Г.Б. Санітарно-гігієнічна експертиза товарів / Г.Б. Рудацька, Л.І. Демкевич : підручник. – К. : Вид-во КНТЕУ, 2003. – 409 с.

**Демкевич Л.И., Барна М.Ю., Сафронова Е.В., Уська А.М. Использование химических веществ в текстильной промышленности и их токсикологическая характеристика**

Приведены токсикологические характеристики некоторых химических красителей, замасливателей, эмульгаторов, восстановителей, пропиток для тканей, их влияние на организм человека.

**Ключевые слова:** красители, текстильная промышленность, влияние, предельно допустимые концентрации.

**Demkevich L.I., Barna M.Yu., Safronova O.V., Uska A.M. The use of chemicals in the textile industry and their toxicological characteristics**

An toxicological characteristics of some chemical dyes, sizing, emulsifiers, recovery, driers for fabrics, their impact on the human body.

**Keywords:** dyes, textiles, and influence, the maximum permissible concentration.

УДК 674:621.928.93

Доц. А.В. Ляшеник<sup>1</sup>, канд. техн. наук;  
доц. Л.О. Тисовський<sup>2</sup>, канд. фіз.-мат. наук;  
викл. Л.М. Дорундяк<sup>1</sup>; доц. Ю.Р. Дадак<sup>2</sup>, канд. техн. наук

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ БУНКЕРА НА АЕРОДИНАМІКУ ЦИКЛОНА ШЛЯХОМ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ЗАСОБАМИ COSMOS FLOWWORKS

За допомогою пакета Cosmos Flowworks проаналізовано вплив бункера циклона на аеродинаміку повітряних потоків у апараті. Наведено рекомендації щодо покращення конструкції пиловловлювача, зниження його гідравлічного опору та підвищення ефективності процесу очищення деревного пилу.

<sup>1</sup> Коломийський політехнічний коледж;

<sup>2</sup> НЛТУ України, м. Львів

Дослідження аеродинамічних процесів, що відбуваються у циклонах, були і є в полі зору багатьох дослідників. Однак питанням дослідження впливу геометричних розмірів окремих частин циклона на його гідравлічний опір у літературі приділено мало уваги. Це пов'язано з тим, що існуючі донедавна підходи до математичного моделювання не давали змоги точно описати процес руху запилених потоків, а експериментальні дослідження є дорогими і складними для практичної реалізації. У попередніх роботах [1-4] наведено математичні моделі процесу очищення повітря у циклонах. Сучасні CFD-пакети дають змогу здійснити перевірку отриманих раніше результатів, і продовжити аналіз впливу окремих елементів циклона на характеристики апарата загалом. У цій роботі зроблено спробу здійснити аналіз впливу бункера циклона на його основні характеристики.

Останніми роками, у зв'язку з потужним розвитком комп'ютерної техніки та програмного забезпечення, істотно розширилися можливості числового аналізу завдяки CAE (Computer Aided Engineering) технологій, тобто технологій розрахункового аналізу конструкцій. У межах CAE існує такий клас програм, як CFD (Computational Fluid Dynamics), що призначені для комп'ютерного аналізу задач динаміки. До цього класу належать такі програми, як CosmosFlowworks, Fluent, Flowvision та інші. CFD-програми добре себе зарекомендували під час наукових досліджень у різноманітних галузях промисловості. Дослідження аеродинамічних процесів у циклоні проводили за допомогою студентської версії програми CosmosFlowworks. Математичну структуру пакета наведено в роботі [5].

Для проведення досліджень у програмі SolidWorks було побудовано твердотільну модель циклона ЦН-15 з наступними розмірами:

- діаметр циклона,  $D$  – 400 мм;
- висота циліндричної частини циклона,  $H_{Ц}$  – 650 мм;
- висота конічної частини циклона,  $H_K$  – 800 мм;
- діаметр вихлопної труби,  $d$  – 240 мм;
- глибина занурення вихлопної труби,  $h_3$  – 316 мм;
- діаметр пиловипускного патрубку,  $d_0$  – 150 мм;
- діаметр бункера  $D_b$  – 600 мм;
- висота бункера  $H_b$  – 450 мм.

Швидкість потоку повітря у вхідному патрубку приймали такою, що дорівнює  $V=20$  м/с. Густина повітря  $\rho_n=1,3$  кг/м<sup>3</sup>, густина матеріалу твердої частинки  $\rho_{ч}=700$  кг/м<sup>3</sup>; температура повітряного потоку  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ ; статичний тиск на виході з вихлопної труби циклона дорівнює атмосферному. Гідравлічний опір циклона визначали як різницю повних тисків на вхідному патрубку та на виході з вихлопної труби.

Основні результати, які були отримані засобами CosmosFlowworks стосовно моделей, запропонованих у [2], представлені нижче. На рис. 1 представлено траєкторії руху повітряного потоку (а) та частинок пилу (б) діаметром  $5 \cdot 10^{-6}$  м у циклоні з бункером діаметром 600 мм висотою 450 мм.

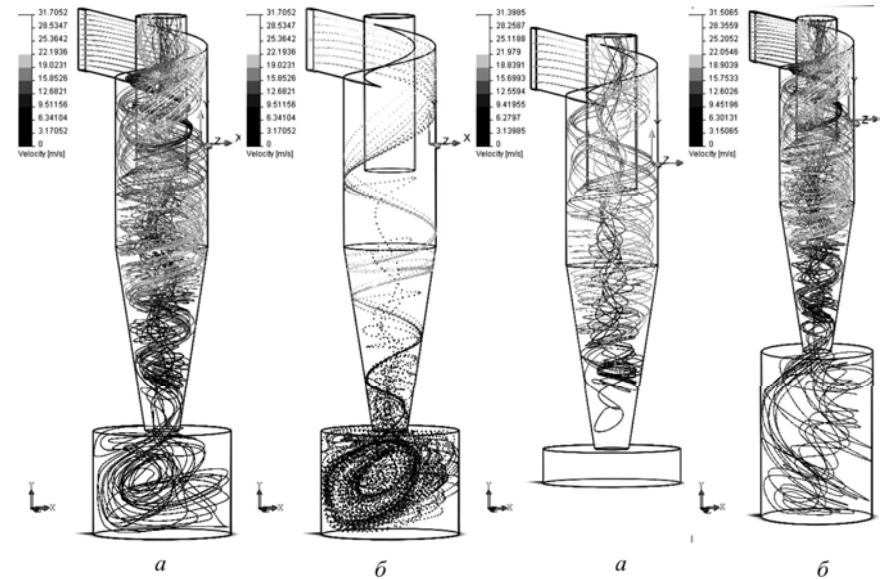


Рис. 1. Траєкторії руху повітряних потоків (а) та частинок пилу (б) у циклоні

Рис. 2. Траєкторії руху повітряних потоків у циклоні з різною висотою бункера (а – 100 мм; б – 800 мм)

У бункері наявні інтенсивні повітряні потоки (рис. 1, а).

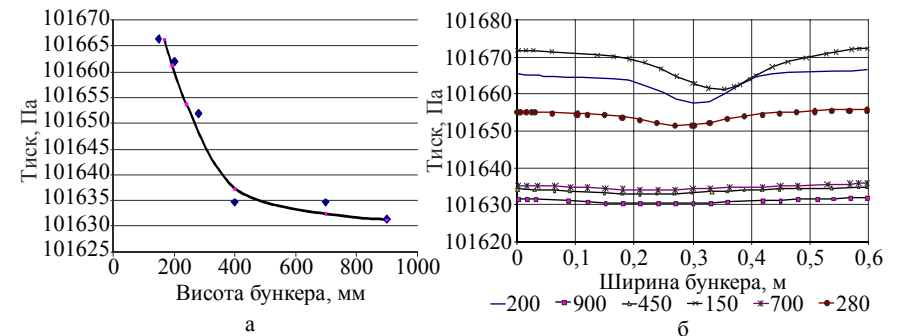


Рис. 3. Розподіл статичного тиску у бункері циклона:

а – залежність максимального тиску в бункері від його висоти;  
б – розподіл тиску по перерізу бункера

Траєкторії руху частинок пилу діаметром  $5 \cdot 10^{-6}$  м є більш округлими (рис. 1, б), що пояснюється інерційністю частинки. Гідравлічний опір такої конструкції циклона за швидкості потоку повітря у вхідному патрубку 20 м/с становить 723 Па. З точки зору аеродинаміки процесу, роль бункера полягає у створенні умов для затухання обертового руху повітряного потоку. Тому бункер повинен мати достатньо великі розміри. Для запобігання зменшенню об'єму бункера необхідно слідкувати за його переповненням увловленими час-

тинками. На рис. 2 зображено траєкторії руху повітряних потоків у тому ж циклоні за використанням укороченого (висота дорівнює 100 мм) (рис. 2, а) та видовженого (800 мм) (рис. 2, б) бункера діаметром 600 мм. У циклоні з надмірно коротким бункером поворот зовнішнього повітряного вихору відбувається виключно у конічній частині апарата. Це призводить до зниження ефективності процесу очищення повітря.

Збільшення висоти бункера ( $H_b$ ) приводить до зниження значення статичного тиску у ньому. На рис. 3, а представлено графік залежності максимального статичного тиску в бункері на осі циклона від значення  $H_b$ . У разі зростання значення  $H_b$  від 100 мм до 400 мм значення статичного тиску на осі циклона в бункері різко знижується від 10667 Па до 101635 Па. З подальшим зростанням висоти бункера значення статичного тиску практично не змінюється. На рис. 3, б представлено графік розподілу статичного тиску в бункері за різних значень висоти бункера: 150, 200, 280, 450, 700 та 900 мм. Незалежно від значення  $H_b$ , найнижчим статичний тиск є на осі бункера і зростає у напрямку до стінок. Значення  $H_b$  також має вплив на гідравлічний опір циклона. На рис. 4 представлено графік залежності гідравлічного опору апарата від висоти бункера. При виборі бункера, якщо не передбачено безперервного вивантаження відходів, потрібно розраховувати його об'єм з урахуванням кількості уловлених відходів. Діаметр бункера ( $D_b$ ) теж має вплив на гідравлічний опір циклона. За значення  $D_b$  150мм гідравлічний опір становив 773Па. При  $D_b=900$  мм опір складатиме 722Па.

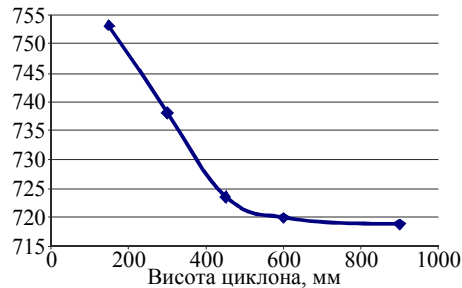


Рис. 4. Залежність гідравлічного опору циклона від висоти бункера

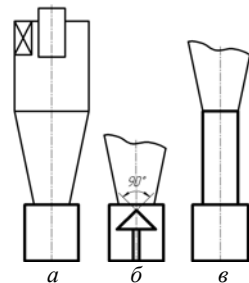


Рис. 5. Варіанти під'єднання конічної частини до бункера: а – без допоміжних пристроїв; б – з конічною вставкою; в – за допомогою патрубка

Для зменшення інтенсивності повітряних потоків у бункері апарата можна скористатися відомими рішеннями [6] (рис. 5). У місцях під'єднання бункера часто застосовують різноманітні додаткові пристрої. На рис. 5, а показано найпростіший варіант, який застосовується найчастіше. На рис. 6 представлено результати аналізу руху повітряних потоків у разі використання конічної вставки (рис. 5, б) для циклона ЦН-15 з бункером висотою 450 мм та діаметром 600 мм. Бачимо, що інтенсивність повітряних потоків у бункері дещо знизилася. Вони стали більш впорядкованими. Результати досліджень, які представлені у роботі [6], свідчать про те, що ефективність цик-

лона зі застосуванням конічної вставки підвищується. Гідравлічний опір конструкції становив 728 Па.

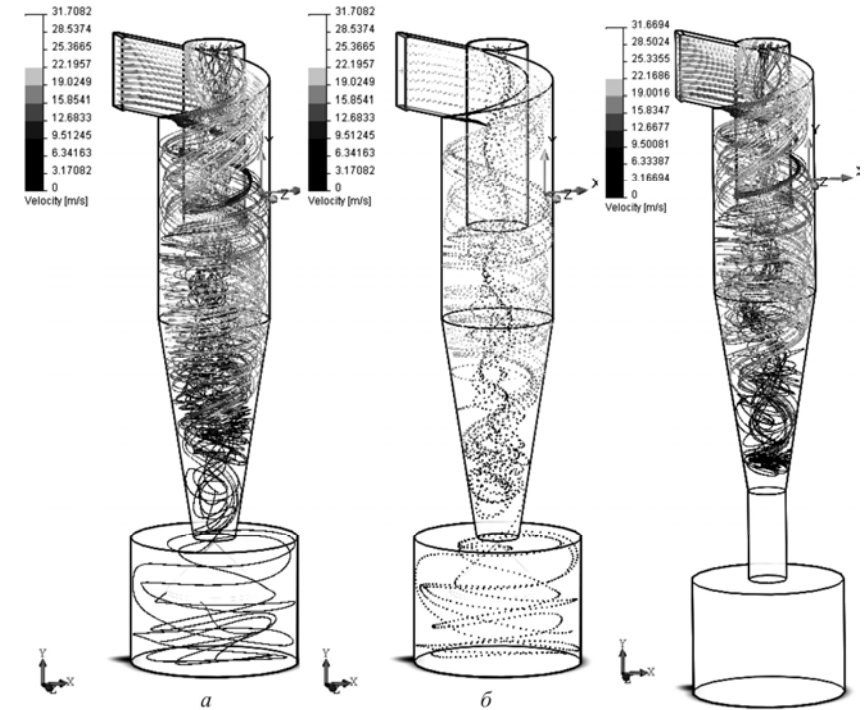


Рис. 6. Траєкторії руху повітряних потоків (а) та частинок пилу (б) у циклоні з конічною вставкою у бункері

Рис. 7. Траєкторії руху повітряних потоків у циклоні з патрубком для присіднання бункера

У разі використання патрубка (рис. 5, в) для під'єднання конічної частини циклона ЦН-15 до бункера (рис. 7) зростає гідравлічний опір апарата до 754 Па, а також знижується ефективність циклона внаслідок зворотного виносу пилу через високі швидкості повітряного потоку у патрубок. За результатами експериментів, які були описані у роботі [8] при використанні такого патрубка ефективність процесу очищення запиленого потоку знижувалась від 82 % до 72 %.

Експериментально було доведено [7], що критичним 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 [6, 7] відомо, що відсмоктування частини повітря з бункера сприяє підвищенню ефективності процесу очищення та одночасно знижує гідравлічний опір апарата. На нашу думку, влаштовувати складні механізми для такого відбору повітря з бункера є недоцільно, оскільки це приведе до ускладнен-

ня конструкції циклона. На деревообробних підприємствах є відомими приклади роботи циклонів 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 слід особливу увагу приділити тому, щоб у пилозбірнику не виникало розрідження.

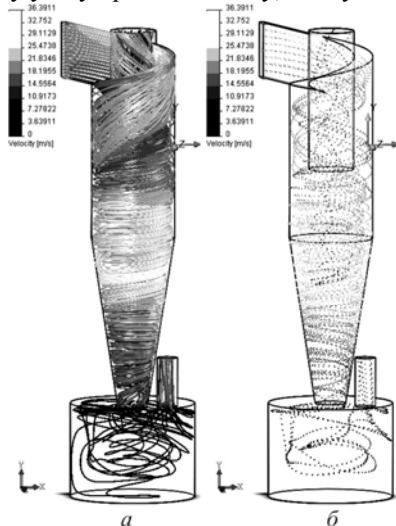


Рис. 8. Траєкторії руху повітряних потоків (а) та частинок пилу (б) у циклоні з бункером, що має фільтрувальний рукав

Аналіз руху потоку повітря та частинок пилу у конструкції циклона з бункером, що має фільтрувальний рукав, наведено на рис. 8, а та б.

Найбільший вплив на характер зміни статичного тиску в нижній частині циклона має значення діаметра вихлопної труби [4]. Такий результат дає змогу розробити конструкцію циклона з регульованими витратами повітря. Для цього достатньо використати конструкцію пристрою для зміни площі поперечного перерізу вихлопної труби. Сучасна елементна база дає змогу зробити такий циклон без надмірного ускладнення конструкції.

Проведені дослідження дали змогу зробити висновок про значний вплив бункера на аеродинаміку процесу циклонування та характеристики циклонів. Розроблена конструкція циклона, у якій передбачена можливість зміни висоти циліндричної частини, площі перерізу вихлопної труби та використання різних типів конічної частини та бункерів. Дослідження такого циклона будемо проводити на стенді, схему якого наведено у роботі [2]. Плануємо проведення експериментальних випробувань та порівняння їх результатів з відомими теоретичними і моделюванням засобами CosmosFloworks.

### Література

1. Тисовський Л.О. Побудова математичної моделі для задачі про рух повітря в циклоні / Л.О. Тисовський, Л.М. Дорундяк, А.В. Ляшеник, Ю.Р. Дадак // Всеукраїнський науково-технічний журнал гірничого профілю. – Донецьк : Вид-во ДонНТУ. – 2010. – Вип. 2(28). – С. 57-62.
2. Лютий С.М. Циклони в деревообробній промисловості : монографія / С.М. Лютий, Л.О. Тисовський, Ю.Р. Дадак, А.В. Ляшеник. – Львів : Ред. журналу "Український пасічник", 2009. – 148 с.
3. Ляшеник А.В. Обґрунтування конструкції циклона для очищення повітря на підприємствах деревообробної галузі / А.В. Ляшеник, Л.О. Тисовський, Л.М. Дорундяк, Ю.Р. Да-

дак // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.9. – С. 119-125.

4. Ляшеник А.В. Вплив висоти циліндричної частини та глибини занурення вихлопної труби на характеристики циклона / А.В. Ляшеник, Л.О. Тисовський, Л.М. Дорундяк, Ю.Р. Дадак // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.3. – С. 101-106.

5. SolidWorks. Компьютерное моделирование в современной практике / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов и др. – СПб. : Изд-во БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.

6. Пирумов А.И. Обеспыливание воздуха / А.И. Пирумов. – М. : Стройиздат, 1981. – 296 с.

7. Кирсанова Н.С. Новые исследования в области центробежной сепарации пыли : обзорная информация / Н.С. Кирсанова. – М. : Изд-во НИИГаз, 1989. – 57 с.

8. Экотехника. Защита атмосферного воздуха от выбросов пыли, аэрозолей и туманов / под ред. Л.В. Чекалова. – Ярославль : Изд-во "Русь". – 424 с.

### Ляшеник А.В., Тисовський Л.О., Дорундяк Л.М., Дадак Ю.Р. Исследование влияния бункера на аэродинамику циклона путем моделирования процессов средствами Cosmos Floworks

С помощью пакета Cosmos Floworks проанализировано влияние бункера циклона на аэродинамику воздушных потоков в аппарате. Приведены рекомендации относительно улучшения конструкции пылеуловителя, снижения его гидравлического сопротивления и повышения эффективности процесса очистки древесной пыли.

### Lyashenyk A.V., Tysovskiy L.O., Dorundyak L.M., Dadak Yu.R. Cosmos Floworks application to study the impact of the bunker on the aerodynamics of cyclone

With package Cosmos Floworks done analysis of the impact of cyclone bunker aerodynamics of air flow in the apparatus. The following recommendations for improving the design of cyclone, reducing its hydraulic resistance and strengthening the treatment of wood dust.

УДК 628.21

Асист. І.І. Матлай; доц. В.М. Жук, канд. техн. наук;

проф. М.А. Саницький, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

### РОЗРАХУНКОВА ВИТРАТА ТА ЧАС КОНЦЕНТРАЦІЇ ДОЩОВОГО СТОКУ З РАДІАЛЬНИХ У ПЛАНІ БАСЕЙНІВ З ПОСТІЙНИМ ПОЗДОВЖНИМ ПОХИЛОМ

Отримано аналітичні залежності для визначення тривалості поверхневої концентрації та розрахункової витрати для радіальних у плані басейнів стоку з постійним поздовжнім похилом для дощів постійної в часі інтенсивності з урахуванням змінної швидкості течії поверхневого потоку та зворотного зв'язку між часом концентрації і розрахунковою інтенсивністю дощу.

**Ключові слова:** дощовий стік, розрахункова витрата, час концентрації, радіальний басейн стоку.

**Постановка проблеми.** Зростаючі вимоги до надійності роботи і до екологічної безпеки систем водовідведення в Україні та в світі обумовлюють пошук нових науково обґрунтованих методів проектування мереж і споруд дощового водовідведення. Стійкість і надійність роботи систем дощового водовідведення міст, інших населених пунктів та промислових підприємств є важливою складовою забезпечення їх нормальної діяльності, а також істотно впливає на екологічний стан довкілля. Найважливішими кількісними параметрами поверхневого стоку є його розрахункова витрата та час концентрації.