

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 пілозбірнику. Далі ефекту відсмоктування частини очищеного повітря можна добитися встановленням невеликого фільтрувального рукава на бункері. При цьому слід особливу увагу приділити тому, щоб у пілозбірнику не виникало розрідження.

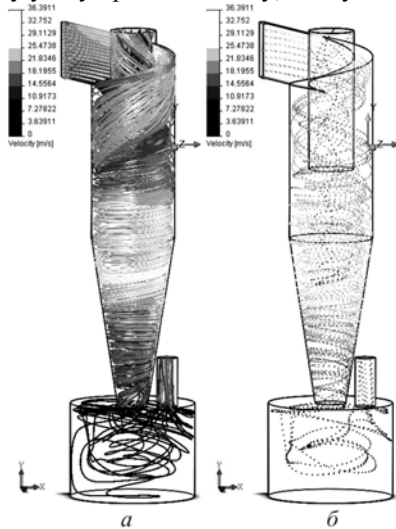


Рис. 8. Траєкторії руху повітряних потоків (а) та частинок пилу (б) у циклоні з бункером, що має фільтрувальний рукав

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 зміної 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.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Визначення часу конденсації та розрахункової витрати поверхневого стоку виконуються за допомогою методів, розроблених вітчизняними та закордонними науковцями [1-7]. У більшості з проаналізованих методів під час визначення цих показників не враховується зворотній вплив часу конденсації на розрахункову інтенсивність дощу, а також конфігурація басейну стоку в плані.

Мета роботи – отримати аналітичні залежності для визначення часу поверхневої конденсації та розрахункової витрати поверхневого стоку з радіальних у плані басейнів стоку з постійним позовжнім похилом для дощів постійної в часі інтенсивності, враховуючи змінну швидкість течії поверхневого потоку та взаємозв'язок між часом конденсації поверхневого стоку та розрахунковою інтенсивністю випадання дощу.

1. Сучасні методи визначення часу поверхневої конденсації та розрахункової витрати. У вітчизняній інженерній практиці для визначення часу поверхневої конденсації запропоновано використовувати формулу Абрамова-Шигоріна [2]

$$t_{con} = \left(\frac{1,5 n_1^{0,6} L_{con}^{0,6} 166,7^{0,5}}{z_{mid}^{0,3} i_o^{0,3} A^{0,5}} \right)^{\frac{1}{(1-0,5n)}}, \text{ хв}, \quad (1)$$

де: n_1 , L_{con} , i_o – відповідно коефіцієнт шорсткості, довжина шляху конденсації і позовжній похил басейна стоку; z_{mid} – коефіцієнт, який характеризує поверхню басейна стоку; A і n – параметри, які залежать від кліматичних особливостей регіону та від періоду одноразового перевищення розрахункової інтенсивності дощу P [1].

Для визначення розрахункової витрати на території України згідно з [1] використовується метод граничних інтенсивностей. В основі цього методу лежить припущення, що залежність інтенсивності випадання дощу q_o від його тривалості t_o описується спадним степеневим законом

$$q_o = \frac{A}{t_o^n}. \quad (2)$$

Розрахункова (максимальна секундна) витрата поверхневого стоку за методом граничних інтенсивностей [1]

$$Q_r = \frac{z_{mid} A^{1,2} F}{t_r^{1,2n-0,1}}, \quad (3)$$

де: F – загальна площа басейну стоку, га; t_r – час конденсації поверхневого стоку, хв.

$$A = q_{20} \cdot 20^n \cdot \left(1 + \frac{\lg P}{\lg m_p} \right)^\gamma, \quad (4)$$

де: q_{20} – розрахункова інтенсивність дощу для цієї місцевості тривалістю 20 хв при $P=1$ рік, л/(с·га); m_p , γ – кліматичні коефіцієнти [1].

Вадами цього методу є те, що під час визначення часу поверхневої конденсації і розрахункової витрати не враховується форма басейну стоку в

плані, а коефіцієнт стоку, який виражає взаємозв'язок між витратою опадів та поверхневого стоку, незалежно від характеристик басейну, визначається за єдиною залежністю, отриманою на основі дослідів, виконаних у 1932-1934 рр. під керівництвом проф. Белова:

$$\psi_{mid} = z_{mid} q_o^{0,2} i_o^{0,1}. \quad (5)$$

Зважаючи також на те, що формула (1) не враховує зворотного впливу часу конденсації на розрахункову інтенсивність дощу, цей метод може давати значну похибку, особливо на початкових ділянках закритої водовідвідної мережі. У закордонній інженерній практиці найпоширенішим є так званий раціональний метод [8]. Витрата дощового стоку за цим методом

$$Q_r = C_f C q_o F, \quad (6)$$

де: C_f – коефіцієнт водонасичення ґрунту басейну стоку; C – безрозмірний коефіцієнт стоку раціонального методу, який виражає відношення об'єму стоку до об'єму опадів (тобто $C = \psi_{mid}$); q_o – розрахункова інтенсивність дощу тривалістю, що дорівнює часу конденсації поверхневого стоку t_r .

Перевагою раціонального методу під час обчислення розрахункової витрати є врахування зворотного взаємозв'язку між інтенсивністю дощу та часом поверхневої конденсації. Задаючись певним значенням інтенсивності випадання дощу, характерним для цього регіону, за методом кінематичної хвилі знаходять час поверхневої конденсації:

$$t_{con, min} = \frac{L_{con} n_1^{0,6}}{(\psi_{mid} q_o)^{0,4} i_o^{0,3}}, \text{ с}, \quad (7)$$

де q_o – інтенсивність дощу, м/с.

Для отриманого значення часу конденсації за спеціальними діаграмами для цієї місцевості знаходять відповідну розрахункову інтенсивність дощу. Підставляючи її у вираз (7), знаходять нове значення часу конденсації. Таким чином, поступовим наближенням знаходять дійсні значення часу конденсації та витрати дощового стоку. Проте цей метод також не враховує вплив форми басейну стоку в плані на основні характеристики дощового стоку.

На кафедрі гідравліки та сантехніки Національного університету "Львівська політехніка" розроблено вдосконалений метод розрахунку часу поверхневої конденсації t_{con} і розрахункової витрати Q_r для лінійних у плані басейнів стоку з урахуванням взаємозв'язку між часом конденсації та інтенсивністю дощу [9]:

$$Q_{r, min} = (\psi_{mid} q_{20})^{1-0,4n} \left(\frac{3600 i_o^{0,3}}{5 n_1^{0,6} L_{con}^{0,6}} \right)^{\frac{n}{1-0,4n}} \cdot F, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (8)$$

$$t_{con, min} = \left[\frac{5(L_{con} \cdot n_1)^{0,6}}{3(1200^n \psi_{mid} q_{20})^{0,4} i_o^{0,3}} \right]^{\frac{1}{1-0,4n}}, \text{ с}. \quad (9)$$

2. Визначення часу поверхневої конденсації та розрахункової витрати для радіальних у плані басейнів стоку. У роботі [5] отримано, що

час поверхневої концентрації з радіальних у плані басейнів стоку за умов незмінної в часі інтенсивності дощу та постійного поздовжнього похилу басейну стоку (при $z=2/3$ за Маннінгом):

$$t_{con, pad} = 1,41 \frac{(m R_{con})^{0,6}}{(\psi_{mid} q_0)^{0,4} i_o^{0,3}}, \quad (10)$$

де R_{con} – радіус концентрації стоку.

Згідно з методом граничних інтенсивностей, з (2) і (4) випливає, що розрахункова інтенсивність випадання дощу тривалістю t_0 при $P=1$ рік:

$$q_0 = q_{20} \left(\frac{60 \cdot 20}{t_0} \right)^n, \quad \text{м/с}, \quad (11)$$

Приймаючи розрахункову тривалість дощу рівною часові поверхневої концентрації ($t_0 = t_{con, pad}$), отримуємо

$$q_{0, pad} = q_{20} \left(\frac{1200 \cdot \psi_{mid}^{0,4} q_{0, pad}^{0,4} i_o^{0,3}}{1,41 n_1^{0,6} R_{con}^{0,6}} \right)^n, \quad \text{м/с}, \quad (12)$$

звідки можна отримати загальний розв'язок

$$q_{0, pad} = q_{20}^{\frac{1}{1-0,4n}} \left(\frac{1200 \cdot \psi_{mid}^{0,4} i_o^{0,4} i_o^{0,3}}{1,41 n_1^{0,6} R_{con}^{0,6}} \right)^{\frac{n}{1-0,4n}}, \quad \text{м/с}. \quad (13)$$

У загальному випадку розрахункова витрата дощових стічних вод:

$$Q_r = \psi_{mid} q_0 F. \quad (14)$$

Підставивши (13) в (14), отримаємо вираз для обчислення розрахункової витрати дощових стічних вод з радіальних у плані басейнів стоку з постійним поздовжнім похилом

$$Q_{r, pad} = (\psi_{mid} q_{20})^{\frac{1}{1-0,4n}} \left(\frac{1200 \cdot i_o^{0,3}}{1,41 \cdot n_1^{0,6} R_{con}^{0,6}} \right)^{\frac{n}{1-0,4n}} \cdot F, \quad \text{м}^3/\text{с}. \quad (15)$$

Систему рівнянь (10) і (11) можна розв'язати також відносно часу поверхневої концентрації $t_{con, pad}$:

$$t_{con, pad} = \left[\frac{1,41 \cdot (R_{con} \cdot m)^{0,6}}{(1200^n \psi_{mid} q_{20})^{0,4} i_o^{0,3}} \right]^{\frac{1}{1-0,4n}}, \quad \text{с}. \quad (16)$$

3. Порівняння результатів визначення часу концентрації та розрахункової витрати за різними методами. Ми отримали залежності часу поверхневої концентрації та розрахункової витрати поверхневого стоку залежно від площі радіальних у плані басейнів стоку та їх протяжності за трьома різними методами: методом СНиП 2.04.03-85 з використанням формули Абрамова-Шигоріна для обчислення часу поверхневої концентрації t_{con} (далі метод № 1), раціональним методом з використанням методу кінематичної хвилі (метод № 2) та описаним вище методом кафедри ГС Національного університету "Львівська політехніка" (метод № 3). Для адекватного порівняння результатів за різними методами під час використання раціонального методу

взаємозв'язок між тривалістю випадання та інтенсивністю дощу враховувався залежністю (2). Розглядали схеми радіальних басейнів стоку з різними значеннями центрального кута φ . На рис. 1 подано графічне порівняння результатів чисельного розрахунку максимальної витрати дощових стічних вод за трьома описаними вище методами. Для методів № 2 і № 3 коефіцієнт стоку приймався постійним і рівним $\psi_{mid}=0,95$ як для удосконалених водонепроникних поверхонь [4]. Значення показника степеня n прийнято рівним $n=0,71$ як для рівнинних областей України, а базова інтенсивність дощу $q_{20}=100$ л/(с·га), як для м. Києва [1]. Значення коефіцієнта шорсткості поверхні приймалося в межах $n_1=0,013-0,016$ як для асфальтних покриттів [8].

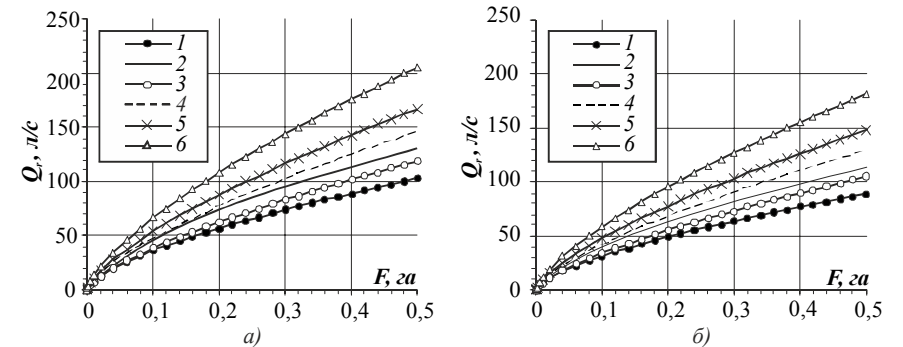


Рис. 1. Залежності максимальної витрати дощового стоку Q_r від площі радіального в плані басейну стоку F ; а) при $n_1=0,013$; б) при $n_1=0,016$; 1, 2 – за методом № 1 при $\varphi=90^\circ$ і $\varphi=180^\circ$ відповідно; 3, 4 – за запропонованим методом № 3 при $\varphi=90^\circ$ і $\varphi=180^\circ$ відповідно; 5, 6 – за методом № 2 $\varphi=90^\circ$ і $\varphi=180^\circ$ відповідно ($q_{20}=100$ л/(с·га); $\psi_{mid}=0,95$; $n=0,71$; $i_o=0,02$; $P=1$ рік)

На рис. 2 представлені залежності часу поверхневої концентрації t_{con} від протяжності басейну стоку R_{con} при різних значеннях центрального кута радіального басейну стоку φ та інтенсивності випадання дощу q_{20} .

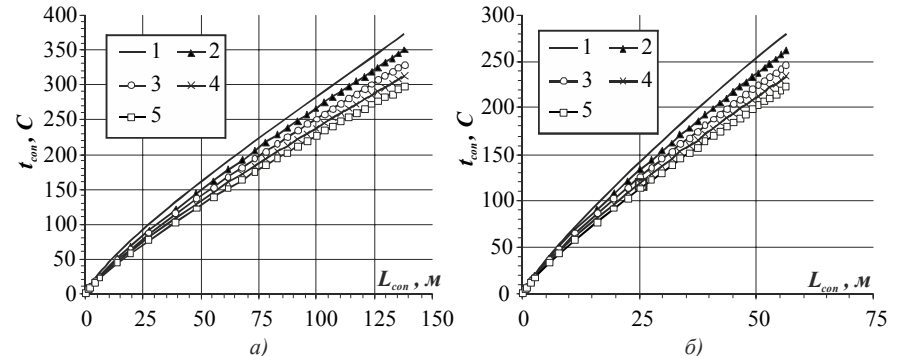


Рис. 2. Залежності часу поверхневої концентрації дощового стоку $t_{con, pad}$ від протяжності басейну стоку R_{con} за запропонованим методом: а) при $\varphi=90^\circ$; б) при $\varphi=180^\circ$: 1 – $q_{20}=80$ л/(с·га); 2 – $q_{20}=90$ л/(с·га); 3 – $q_{20}=100$ л/(с·га); 4 – $q_{20}=110$ л/(с·га); 5 – $q_{20}=120$ л/(с·га) ($\psi_{mid}=0,95$; $n=0,71$; $i_o=0,02$; $n_1=0,013$; $P=1$ рік)

Досліджено вплив центрального кута φ та похилу i_0 на витрату Q_r (рис. 3).

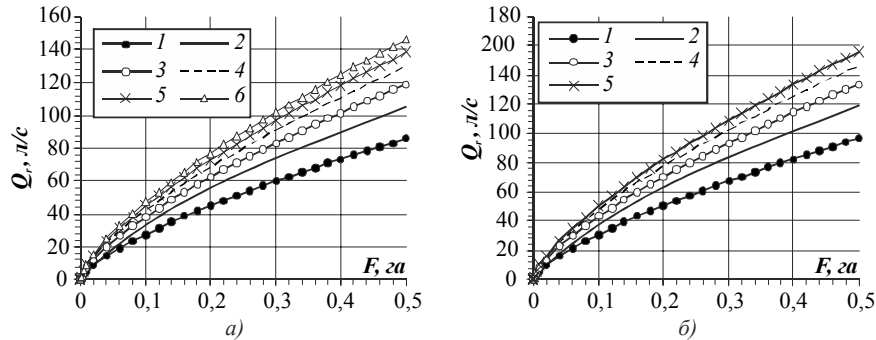


Рис. 3. Залежності розрахункової витрати дощового стоку Q_r від площі басейну стоку F за запропонованим методом: а) при $i_0=0,02$ залежно від φ : 1 – 30° ; 2 – 60° ; 3 – 90° ; 4 – 120° ; 5 – 150° ; 6 – 180° ; б) при $\varphi=90^\circ$ залежно від i_0 : 1 – $0,01$; 2 – $0,02$; 3 – $0,03$; 4 – $0,04$; 5 – $0,05$ ($q_{20}=100$ л/с·га); $\psi_{mid}=0,95$; $n=0,71$; $n_1=0,013$; $P=1$ рік)

Висновки. Отримано аналітичні залежності (15) і (16) для обчислення розрахункової витрати та часу поверхневої концентрації дощових стічних вод з радіальних у плані басейнів стоку з урахуванням змінної швидкості течії поверхневого потоку та взаємозв'язку між часом концентрації дощового стоку та розрахунковою інтенсивністю випадання дощу.

Література

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. Госстрой СССР. – М. : ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 26 с.
2. Калищун В.И. Водоотводящие системы и сооружения : учебн. пособ. / В.И. Калищун. – М. : Стройиздат, 1987. – 336 с.
3. Дикаревский В.С. Отведение и очистка поверхностных сточных вод : учебн. пособ. [для студ. ВУЗов] / В.С. Дикаревский. – Л. : Стройиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. – 224 с.
4. Временные рекомендации по проектированию сооружений для очистки поверхностного стока с территорий промышленных предприятий и расчету условий выпуска его в водные объекты. – М. : ВНИИ "ВОДГЕО" Госстроя СССР, 1982. – 50 с.
5. Жук В.М. Гідрографи притоку дощових стічних вод з радіальних у плані басейнів стоку при різній інтенсивності дощу / В.М. Жук, І.Ю. Попадюк, І.І. Матлай // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Теорія і практика будівництва. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2008. – № 627. – С. 90-96.
6. Mays L.W. Stormwater collection systems design handbook / L.W. Mays. – McGraw-Hill Professional, 2001. – 1008 p.
7. Chow V.T. Open channel hydraulics / V.T. Chow. – New York : McGraw-Hill, 1959. – 680 p.
8. Жук В.М. Теоретичні гідрографи притоку для дощів постійної в часі інтенсивності при змінній швидкості течії / В.М. Жук // Проблеми водопостачання, водовідведення та доравлики : наук.-техн. зб. – К. : Вид-во КНУБА, 2010. – Вип. 15. – С. 119-130.

Матлай І.І., Жук В.М., Саницький М.А. Расчетный расход и время концентрации дождевого стока из радиальных в плане бассейнов с постоянным продольным уклоном

Получены зависимости для определения времени поверхностной концентрации и расчетного расхода для радиальных в плане бассейнов стока с постоянным продольным уклоном для дождей постоянной во времени интенсивности с учетом ре-

ально переменной скорости течения поверхностного потока и обратной связи между временем концентрации и расчетной интенсивностью дождя.

Ключевые слова: дождевой сток, расчетный расход, время концентрации, радиальный бассейн.

Matlay I.I., Zhuk V.M., Sanytsky M.A. Stormwater peak discharge and time of concentration for the radial watersheds with a constant longitudinal slope

Obtained formulas for the peak discharge and time of concentration calculation which can be applied for radial watersheds with the constant longitudinal slope for the constant rainfall intensity. These formulas taking into account the variable overland flow velocity and cross-dependence of the time of concentration and rainfall intensity.

Keywords: stormwater, peak discharge, time of concentration, radial watershed.

УДК 674.093.26

Ст. викл. Г.В. Ноценко, канд. хім. наук;
аспір. Д.В. Тимик – НЛТУ України, м. Львів

ВПЛИВ МОДИФІКУВАННЯ ЛУЩЕНОГО ШПОНУ НА pH ЙОГО ПОВЕРХНІ

Досліджено вплив модифікування лущеного шпону на pH його поверхні. Встановлено можливість зміни кислотності поверхні лущеного шпону його активування різними хімічними модифікаторами.

Ключові слова: адгезія, інактивованний шар, активування модифікування, pH поверхні.

Актуальність теми. Одна з умов отримання міцного клейового з'єднання – наявність у клею добрих адгезійних властивостей до склеюваного матеріалу. Для досягнення цього необхідно забезпечити належну якість поверхні шпону. Оскільки необхідною умовою склеювання є забезпечення формування молекулярного контакту рідкого адгезиву і субстрату, то одним із важливих факторів, що впливатиме на цей процес, є стан склеюваних поверхонь. Адже відомо, що у деревині, крім вуглеводної та ароматичної частини, містяться екстрактивні речовини: ефірні олії, смоляні та жирні кислоти, дубильні речовини [1]. Ці речовини можуть істотно впливати на процес полімеризації та адгезійну здатність клею, оскільки вони проявляють себе як інгібітори реакції полімеризації. Зокрема, під час сушіння шпону під впливом підвищеної температури екстрактивні речовини мігрують на його поверхню, де вони концентруються і блокують утворення можливого адгезійного контакту з деревиною. Крім цього, смолисті та жирні екстрактивні речовини гідрофобні, тобто відштовхують воду. Більшість клеїв, що використовуються у процесах склеювання деревини, містять воду як розчинник, тому проникна здатність та змочування рідким клеєм такої поверхні не буде відбуватися належним чином. Тобто від моменту виходу шпону зі сушарки до моменту нанесення на нього клею і формування пакета минає деякий час, за який на поверхню шпону, що вже має певну шорсткість і пористість, осідає пил, порошок та різні забруднення. Утворюється так званий інактивованний шар. Наявність цього шару перешкоджає утворенню необхідного адгезійного контакту між клеєм і деревиною, і, як наслідок, значно знижується міцність склеювання фанери. Значно підвищити міцність клейового з'єднання можна шляхом усу-