

## **Загальні питання технологій збагачення**

2. Закон України. Про регулювання містобудівної діяльності. Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2011. – № 34. – 343 с.

3. Закон України. Про запобігання впливу світової фінансової кризи на розвиток будівельної галузі та житлового будівництва. Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2009. – №19. – 257 с.

4. Державний баланс запасів корисних копалин. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://geoinf.kiev.ua/derzhavnyy-oblik-rodovyshch-ta-zapasiv-korysnykh-kopalyn/derzhavnyy-balans-zapasiv-korysnykh-kopalyn/>

5. Романович А.А. К вопросу повышения эффективности в работе оборудования для измельчения материалов // Строительные материалы. – 2005. – №5. – С.63-65.

6. N. Sokur, V. Biletskyy, L. Sokur, D. Bozyk, I. Sokur. Investigation of the process of crushing solid materials in the centrifugal disintegrators // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2016. – 3/7 ( 81 ). – P. 34-40.

7. Божик Д.П., Сокур М.І., Білецький В.С. Експериментальні дослідження виробництва будівельних матеріалів із застосуванням відцентрово-ударної дробарки. // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2017. – Вип. 66(107).

© Сокур М.І., Білецький В.С., Божик Д.П., Шевчук Ю.В., Сокур І.М., 2017

*Надійшла до редколегії 20.10.2017 р.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 622.7

**В.С. БІЛЕЦЬКИЙ**, д-р техн. наук

(Україна, Харків, Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"),

**Ю.С. МІЩУК**

(Україна, ТОВ НТП "Бурова техніка"),

**О.О. ЖИЛЕНКОВ**

(Україна, Полтава, Полтавський національний технічний університет)

### **ДОСЛІДЖЕННЯ І МОДЕРНІЗАЦІЯ МІШАЛОК ДЛЯ ПУЛЬП ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПРОГРАМНОГО СЕРЕДОВИЩА SOLIDWORKS**

*Постановка проблеми.* Основна вимога до мішалок системи циркуляції бурового розчину – якісна гомогенізація пульпи, відсутність осадження твердої фази. У випадку утворення осаду він зашламовує робочий простір мішалки і порушує технологічний процес. Шламові осади бурового розчину ліквідують розмивом гідромоніторами або вручну [1, 2].

Для забезпечення стабільної і якісної гомогенізації пульпи бурового розчину необхідно, щоб швидкість його потоків по всьому робочому простору мішалки була більшою за седиментаційну швидкість осадження матеріалу. Для вирішення цієї задачі може бути застосовано модуль Flow Simulation програмного середовища SolidWorks, що дає можливість моделювання процесів ламінарного та турбулентного протікання рідин [3, 4].

Методика досліджень. Модуль Flow Simulation програмного середовища SolidWorks дає можливість моделювання процесів:

- стаціонарні і нестаціонарні течії;
- стискувані і нестискувані (рідини або гази) течії, включаючи до-, транс- і надзвукові режими;
- ідеальні і реальні гази;
- неньютонівські рідини;
- одно і багатокomпонентні течії без хімічних взаємодій і розділення фаз;
- спільні розрахунки течії рідини або газу та теплопередачі всередині твердого тіла без наявності границі розділення газ – рідина;
- ламінарні і турбулентні течії, враховуючи ламінарний / турбулентний перехід;
- "заморожування" течій для розділення "швидких" і "повільних" процесів;
- течії в пористих середовищах з урахуванням теплопровідності стінок;
- урахування шорсткості стінок;
- зовнішні і/або внутрішні течії;
- конвекційний теплообмін, вільна, вимушена або змішана конвекція;
- радіаційний теплообмін з управлінням прозорістю стінок і розділенням властивостей стінок для теплообміну випромінюванням і сонячною радіацією;
- розрахунок траєкторій твердих частинок і крапель в потоці та ін.

Початковими і граничними умовами можуть задаватися наступні вихідні параметри:

- швидкість, тиск (статичний, динамічний, оточуючого середовища), масові та об'ємні витрати;
- температура, концентрація компонентів, параметри турбулентності;
- витратно-напірні характеристики віртуальних вентиляторів;
- різноманітні типи стінок, включаючи шорсткість, коефіцієнт теплопередачі і параметри умовного середовища на стінках, що не межують з реальним текучим середовищем;
- джерела тепла (об'ємні і поверхневі), віртуальні тепло вентилятори;
- можливості вказати залежність граничних умов та параметрів від часу та координат;
- симетрія відносно базових площин і періодична симетрія.

Результати дослідження виводяться у вікні SolidWorks. Існує можливість виводу функції на будь-якій площині у вигляді кольорових епюр, векторів та ізоліній, відображення результатів за допомогою ізоповерхонь. За результатами розрахунків можна створювати трирівневі траєкторії; виводити характеристики розрахунків, розподіл будь-якої характеристикою вздовж будь-якої кривої в MS Excel.

*Мета роботи* – порівняльне дослідження широко застосовуваної одноім'яної мішалки бурового розчину і мішалки типу "біляче колесо".

### *Виклад основного матеріалу*

Одноімпелерна мішалка широко застосовується, зокрема, у циркуляційних системах бурового розчину конструкції "Уралмашу", але практика її експлуатації показує періодичне зашламування робочої зони.

Моделювання традиційної конструкції одноімпелерної мішалки виконано в роботі [5]. Було прийнято розрахункову область по всьому об'єму резервуара, який дорівнює  $20 \text{ м}^3$ . Швидкість обертання лопатей прийнято номінальну  $75 \text{ хв}^{-1}$ . Густина бурового розчину –  $1250 \text{ кг/м}^3$ . Статичний тиск  $101325 \text{ Па}$ , температура  $293 \text{ К}$ .

Статична 3D-модель одноімпелерного змішувача ПБР-7,5 показана на рис. 1.

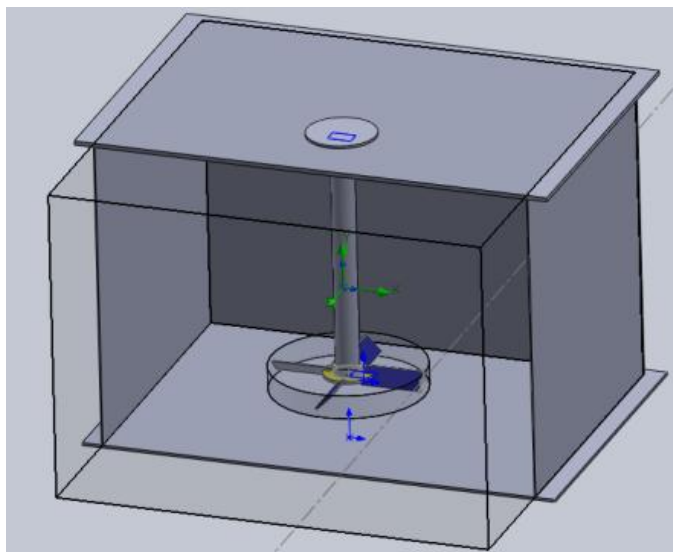


Рис. 1. Статична 3D-модель мішалки (змішувача) ПБР-7,5 в резервуарі  $20 \text{ м}^3$

Габаритні розміри імпелера і вала:  $900 \text{ мм}$  і  $1740 \text{ мм}$ . Розміри робочої ємності резервуара  $3000 \times 3000 \text{ мм}$ . Пристрій обладнаний стандартним відкритим чотирилопатевим імпелером з лопатями розташованими під кутом  $45^\circ$  (рис. 2).

Найбільша швидкість потоку бурового розчину спостерігається безпосередньо в зоні робочих лопатей імпелера –  $1 \text{ м/с}$ . Але об'єм цієї зони обмежений розмірами самого імпелера. Обширна зона підвищеної турбулентності зі швидкостями потоку пульпи  $0,4\text{-}0,7 \text{ м/с}$  спостерігається між імпелером і дном резервуара. Разом з тим, вона не досягає стінок резервуара. Безпосередньо біля стінок резервуара швидкість пульпи відносно мала – від  $0,077 \text{ м/с}$  до  $0$ , що свідчить про підвищену імовірність накопичення в цій зоні осадів твердої фази бурового розчину.

На рис. 3 показано поле швидкостей потоків пульпи, одержане при застосуванні ресурсу Flow Simulation програмного середовища SolidWorks для процесу перемішування бурового розчину в змішувачі ПБР-7,5 обладнаному чотирилопатевим імпелером.

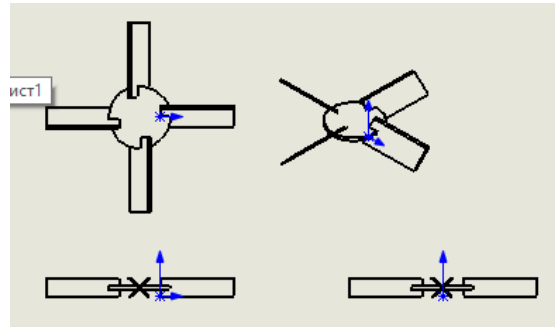


Рис. 2. Чотирилопатекий імпелер мішалки

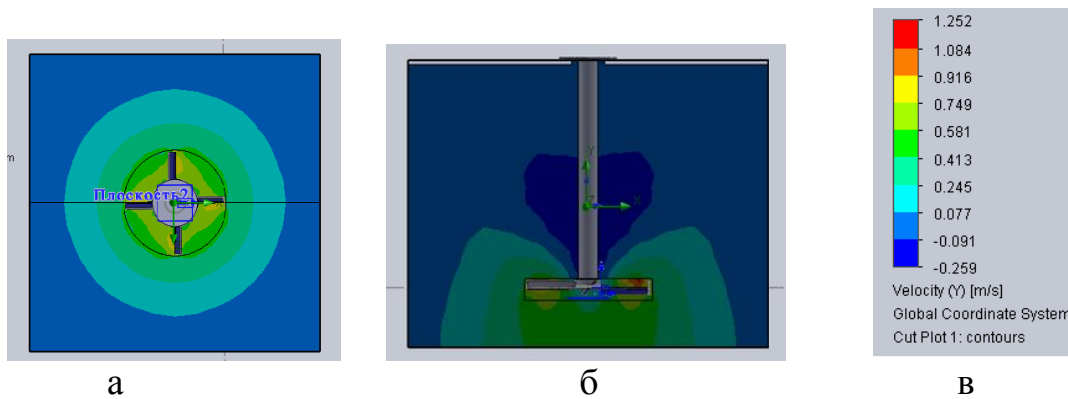


Рис. 3. Поле швидкостей потоків пульпи при перемішуванні бурового розчину в змішувачі ПБР-7,5 із застосуванням чотирилопатевого імпелера: а – вид знизу; б – вид збоку; в – шкала швидкостей, м/с

Модернізований імпелер типу "біляча клітка". 3D-модель імпелера типу "біляча клітка" показана на рис. 4.

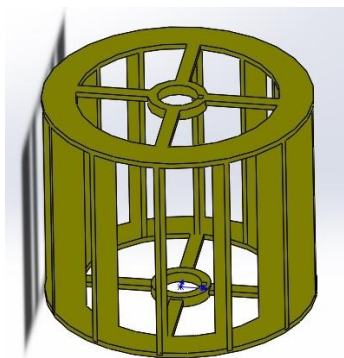


Рис. 4. Статична 3D-модель імпелера типу "біляче колесо"

Розрахункова область робочого простору для моделювання у вигляді прямокутного паралелепіпеда (рис. 5.). Прийнята кутова швидкість  $50 \text{ хв}^{-1}$ . Через вхідний патрубок здійснюється подача бурового розчину зі швидкістю 10 л/с. Для вихідного патрубку статичний тиск прийнято 101325 Па (1 атм).

При дослідженні прийняті такі характеристики бурового розчину: густина –

## Загальні питання технологій збагачення

1100 кг/м<sup>3</sup>, динамічна в'язкість – 0,02 Па·с., питома теплоємність 4,2 Дж/(кг·К), теплопровідність суспензії 0,6 Вт/(м·К).

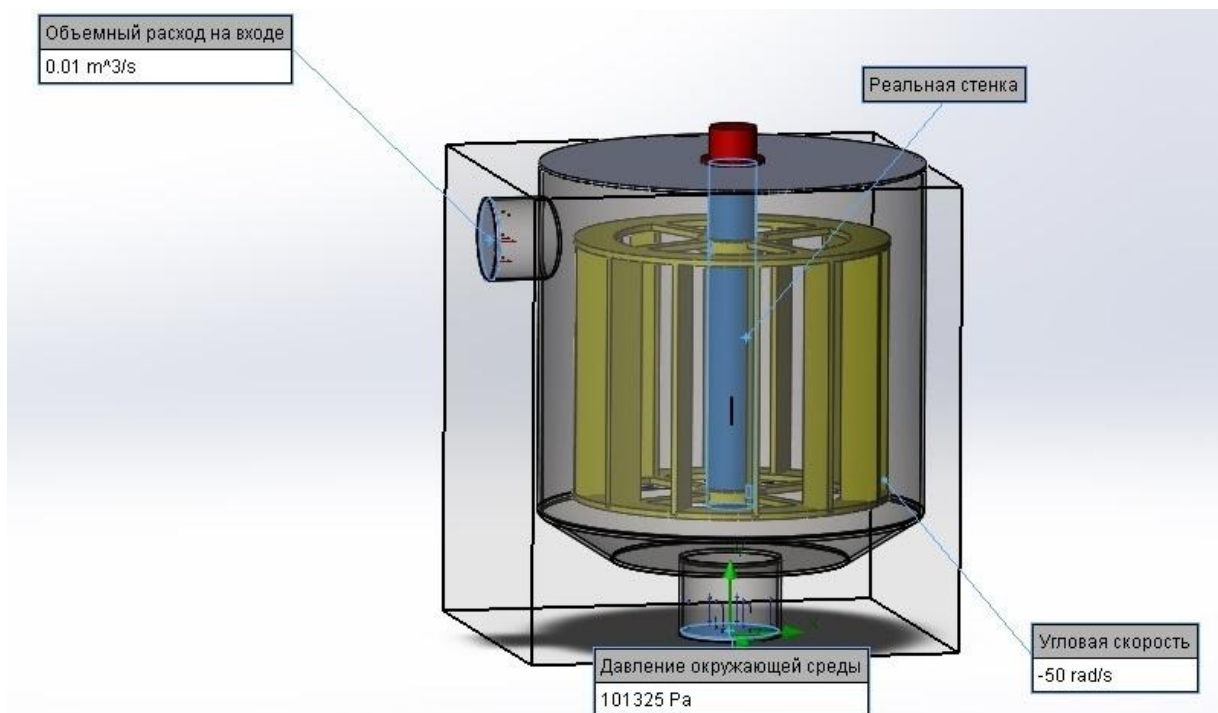


Рис. 5. Розрахункова область у вигляді прямокутного паралелепіпеда

Вихідні та розрахункові дані моделювання подані в табл. 1.

Таблиця 1

Вихідні та розрахункові дані моделювання ( Min/Max значень)

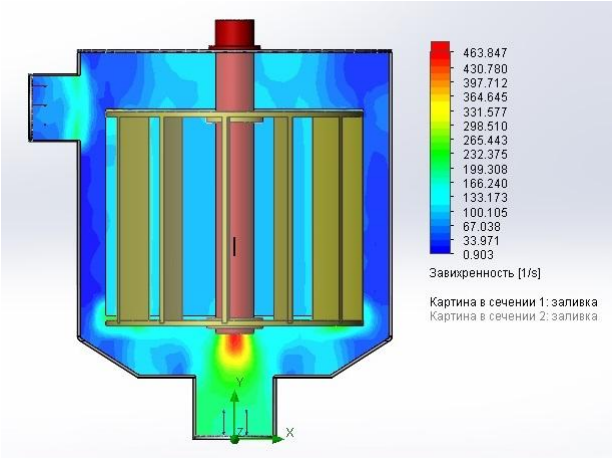
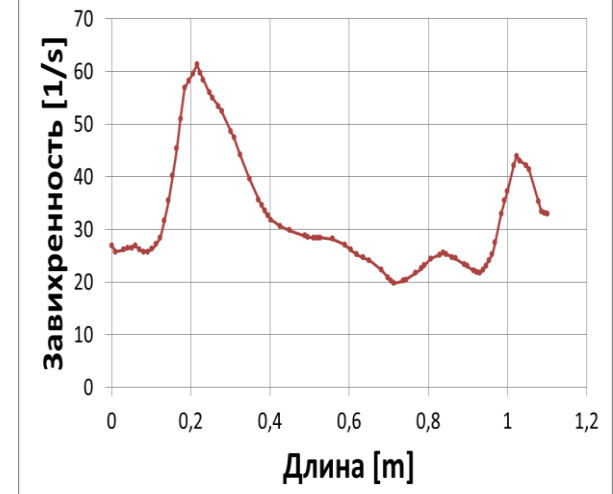
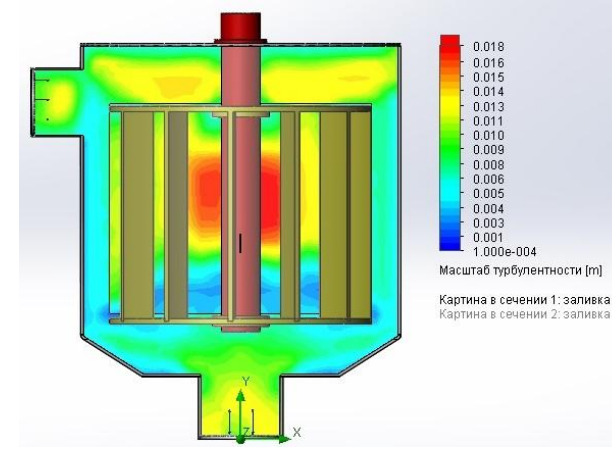
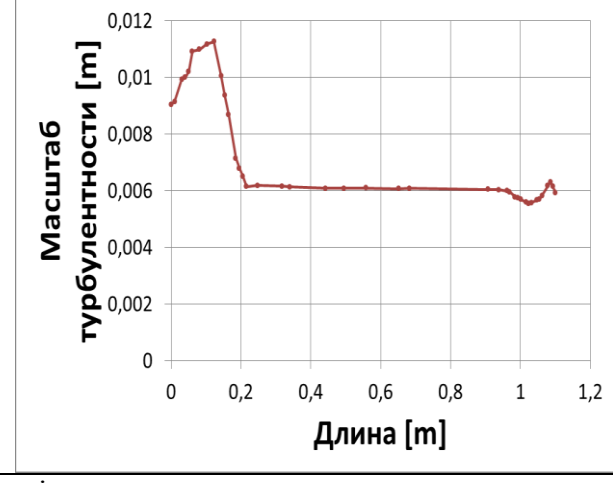
Назва	Мінімум	Максимум
Тиск[Pa]	-53857,67	1408577,46
Температура [K]	293,20	596,64
Густина (текуче середовище) [kg/m3]	1100,00	1100,00
Швидкість [m/s]	0	26,794
Швидкість (X) [m/s]	-26,191	25,335
Швидкість (Y) [m/s]	-14,880	8,411
Швидкість (Z) [m/s]	-26,792	25,727
Температура (текуче середовище) [K]	293,20	596,64
Завихреність [1/s]	0,903	1192,296
Швидкість у обертовій системі координат (X) [m/s]	-22,199	24,170
Швидкість у обертовій системі координат (Y) [m/s]	-14,880	8,411
Швидкість у обертовій системі координат (Z) [m/s]	-25,320	22,114
Повний тиск [Pa]	-53857,67	1552119,41
Дотичне напруження [Pa]	0	3024,63
Дотичне напруження (X) [Pa]	-1709,96	2620,22
Відносний тиск [Pa]	-155182,67	1307252,46
Турбулентний масштаб часу [s]	0,002	1,295
Масштаб турбулентності [m]	1,000e-004	0,020
Інтенсивність турбулентності [%]	1,93	1000,00

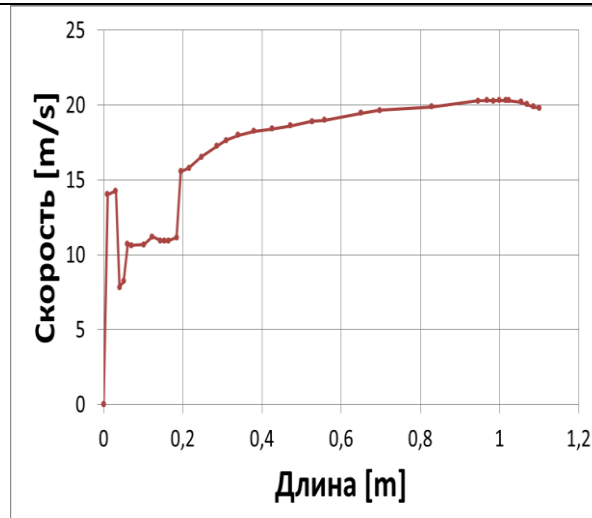
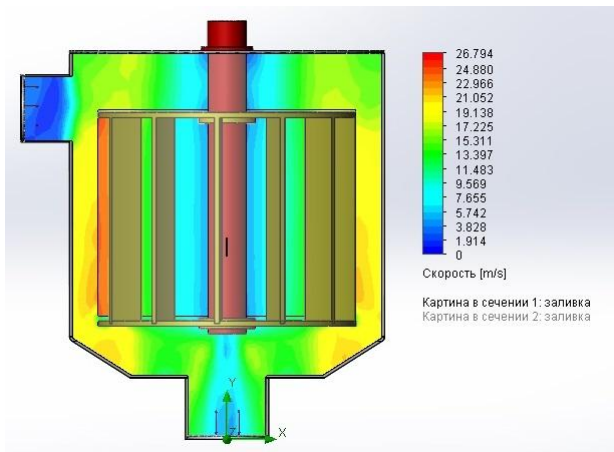
## Загальні питання технологій збагачення

Одержані розрахункові (модельні) поля швидкостей, завихреностей, турбулентності у робочій зоні мішалки типу "біляче колесо" показані в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати моделювання мішалки з імпелером типу "біляча клітка"  
при застосуванні ресурсу Flow Simulation

Модель поля відповідного параметра	Графік зміни параметра
1	2
<b>Завихреність</b>	
	
<b>Масштаб турбулентності</b>	
	
<b>Швидкість</b>	

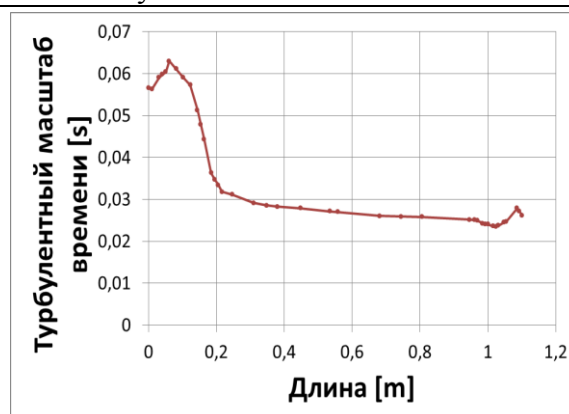
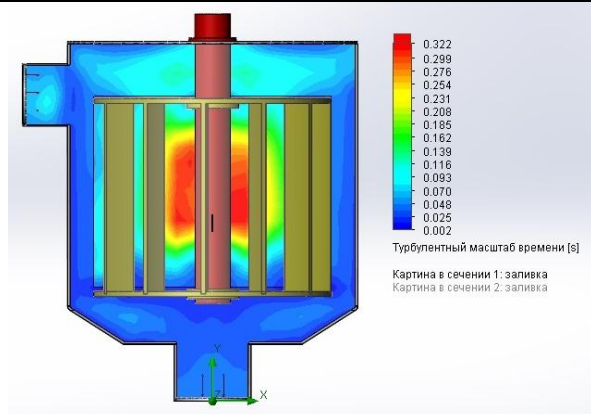


Продовження табл. 2

1

2

## Турбулентний масштаб часу



Для аналізу одержаних результатів розрахуємо критичну швидкість бурового розчину, при якій втрачається його седиментаційна стійкість і зерна твердої фази починають осідати на дно резервуара. Ця швидкість є важливим критеріальним параметром мішалок, так як саме вона детермінує утворення зон можливого зашламування. У нашому випадку, так як крупність твердої фази бурового розчину після його очистки на віброситах, у циклонах і осадовій центрифугі складає не більше перших десятків мкм, критична швидкість пульпи дорівнює швидкості седиментації часток у дисперсійному середовищі [6]:

$$V_c = \frac{2r^2}{9\delta}(\rho - \rho_0)g. \quad (1)$$

Підставляючи відповідні значення в (1) маємо:

$$V_c = \frac{2(40 \cdot 10^{-6})^2}{9 \cdot 30 \cdot 10^{-4}} (2600 - 1250) 9,8 = 1,568 \cdot 10^{-3} \text{ м/с.}$$

Після одержання і аналізу результатів було проведено порівняння чотирилопатевої мішалки та мішалки типу "біляче колесо" (табл. 3).

*Таблиця 3*

Порівняльна характеристика досліджених варіантів конструкції мішалки

Варіант конструкції	Швидкість в робочій зоні імелера, м/с	Швидкість в пристінній зоні, м/с	Імовірність виникнення "мертвих зон"	Критична швидкість осадження твердої фази, м/с
Імпелерна чотирилопатева мішалка	0,502-0,749	0,070-0	Висока	1,568 10 <sup>-3</sup> м/с
Імпелер типу "біляче колесо"	7-20	15-20	Практично відсутня	

*Висновки*

1. Використання модуля Flow Simulation програмного середовища SolidWorks дає можливість виконувати ряд операцій, необхідних для проектування гідро– та аеромеханічних пристроїв і дозволяє оцінити результати досліджень в зручній для користувача формі. Зокрема, модуль Flow Simulation дозволяє зробити порівняльний аналіз технологічних можливостей існуючих мішалок і оптимізувати конструкцію гомогенізатора за полем швидкостей, тиском, показниками турбулентності.

2. Виконані дослідження чотирилопатевої мішалки і мішалки з імелером типу "біляче колесо" із застосуванням ресурсу SolidWorks з модулем FlowSimulation, а також їх аналіз і порівняння зі швидкістю седиментації часток бурового розчину показали, що конструкція імелера типу "біляче колесо" за рахунок охоплення всієї зони робочого простору мішалки радикально поліпшує гомогенізацію бурового розчину і практично унеможливорює утворення "застійних зон" шламонакопичення в мішалці.

У подальших дослідженнях на основі застосування ресурсу SolidWorks з модулем FlowSimulation доцільно оптимізувати конструкцію імелера, зокрема, визначити кращі геометричні розміри і густоту розташування ребер "білячої клітки", а також порівняти її з багаторівневими ("Турботрон") і опозитними мішалками [7, 8].

**Список літератури**

1. Буріння свердловин. – К.: "Інтерпрес ЛТД", 2002. – т.2. – 303 с.
2. Мищенко В.И. Приготовление, очистка и дегазация буровых растворов / В. И. Мищенко, А. В. Картунов. – Краснодар: АртПресс, 2008. – 336 с.
3. Darin Grosser. The Future of SolidWorks Has 'Always' Been. 2011. [Електронний ресурс] Режим доступу: <http://blog.dasisolutions.com/2011/09/27/the-future-of-solidworks-has-always-been-in-your-hands/>
4. SOLIDWORKS Flow Simulation. [Електронний ресурс] Режим доступу:



## **Загальні питання технологій збагачення**

<http://www.solidworks.com/sw/products/simulation/flow-simulation.htm>

5. Білецький В.С., Олефір І.В. Модернізація змішувача ПБР-7,5 циркуляційної системи бурового розчину // Зб. факультету нафти і газу та природокористування Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. – 2016. – Вип. 9. – С. 50-55.

6. Ходаков Г.С., Юдкин Ю.П., Седиментационный анализ высокодисперсных систем. – М., 1981. – 192 с.

7. Білецький В.С., Ткаченко М.В. Збагачувальна техніка та технології при приготуванні й регенерації бурових розчинів // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – 2016. – Вип. № 65(106).

8. Білецький В.С., Мішук Ю.С. Застосування модуля Flow Simulation програмного середовища SolidWorks для дослідження і проектування гідро– та аеромеханічних пристроїв (на прикладі перемішувача "Турботрон") // Збагачення корисних копалин : Наук.-техн. зб. – 2016. – Вип. № 65 (106).

© Білецький В.С., Мішук Ю.С., Жиленков О.О., 2017

*Надійшла до редколегії 20.10.2017 р.*

*Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 622.778

**О.В. БУЛАХ**, канд. техн. наук

(Україна, Кривий Ріг, Державний ВНЗ "Криворізький національний університет")

### **КОРОТКИЙ АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ПЕРЕРОБКИ МАРГАНЦЕВИХ ШЛАМІВ**

Марганцеворудна сировина займає важливе місце в народному господарстві країни. Марганець широко використовується в різних галузях промисловості (металургійній, хімічній, скляній, електротехнічній, фармацевтичній тощо) та в аграрному секторі і займає, за обсягами споживання, четверте місце після залізорудних, алюмінієвих та мідних концентратів. Більша частина отримуваних концентратів використовується в металургійному виробництві.

Родовища марганцевих руд розташовані по всьому світу. Але найкрупніші з них (табл. 1) [1] знаходяться в Україні, Південній Африці, Китаї тощо.

*Таблиця 1*

Оцінка запасів марганцевих руд у світі, млн т

Країна	Резерви	Резервна база
ПАР	18	4000
Україна	140	520
Габон	20	160
Китай	40	100
Австралія	32	82
Бразилія	25	52
Індія	15	33
Мексика	4	9
Інші	6	44
Всього	300	5000