

8. Пищевая ценность отходов переработки зерна гречихи. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.khleprod.ru/component/content/article>.
9. Андрианов Е. И. Методы определения структурно-механических характеристик порошкообразных материалов/ Е.И. Андрианов. М.: Химия, 1982. –256 с.
10. Переработка пентозансодержащего сырья. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://chemanalytica.com/book/>.
11. Передовые технологии: переработка сельскохозяйственного сырья. [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://borona.net/high-technologies/>
12. Карев А.И.вплив природи дисперсних органічних наповнювачів на фізико-механічні властивості композитів з вторинного поліпропілену. / Карев А. І., Данченко Ю. М. / Матеріали II Междунар. науч.-технич. интернет-конф. «Ресурсосбережение и энергоэффективность инженерной инфраструктуры урбанизированных территорий и промышленных предприятий». – Х.: ХНУГХ им. А.Н. Бекетова, 2016. – С. 104 – 107.

УДК 546.02

Данченко Ю.М., Качоманова М.П.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА КИСЛОТНО - ОСНОВНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХНІ ДИСПЕРСНИХ ОКСИДНИХ НАПОВНЮВАЧІВ

Вступ. Частилки твердих дисперсних оксидних наповнювачів, що додають у полімерні епоксидні композиції будівельного призначення, суттєво змінюють технологічні та експлуатаційні властивості матеріалів на усіх стадіях їх використання [1]. Причиною цього є той факт, що на межі поділу фаз між твердою поверхнею наповнювача та полімерною матрицею виникає велика кількість фізико-хімічних міжфазних взаємодій. В задачу дослідників входить не тільки з'ясування природи взаємодій в зоні контакту фаз, а і на основі цих знань встановлення можливості спрямованого їх регулювання з метою одержання композитних наповнених матеріалів з певними та оптимальними характеристиками [2]. У теперішній час, не дивлячись на велику кількість досліджень, єдиної теорії міжфазної взаємодії в полімерних композиційних матеріалах не існує. Це багатокомпонентне та багатофакторне поняття, що включає явища адсорбції, змочування, дифузії, електростатичні взаємодії, механічні явища. В останній час велика увага приділяється кислотно-основній теорії взаємодії, яка пов'язана в першу

чергу з кислотно-основними властивостями твердої поверхні дисперсної фази [3-7]. Тому для визначення впливу міжфазних взаємодій на властивості наповнених композитів виникає необхідність достовірної оцінки рівня кислотності поверхні наповнювачів.

У зв'язку з природним походженням наповнювачів оксидної природи їх хімічний та мінералогічний склад, а, відповідно, поверхневі властивості, є нестабільними. Відомо, що дисперсні оксидні матеріали, які є сумішшю оксидів і мають надлишкову поверхневу енергію, легко адсорбують молекули води з повітря. При цьому на поверхні виникає гідроксильно – гідратний шар, утворений шляхом хімічної і фізичної адсорбції молекул води та характеризується широким спектром активних центрів з певними кислотно-основними властивостями [8-11], які поки що вивчені недостатньо. Тому визначення кислотно-основних характеристик активних центрів поверхневого шару дисперсних оксидних матеріалів є складною, але важливою з технологічної і практичної точки зору, задачею.

Існуючі методи дослідження кислотності поверхні дисперсних матеріалів можна умовно розділити на експериментальні та теоретичні. Експериментальні дозволяють визначити інтегральну (загальну) кислотність поверхні [11] або диференціацію поверхневих центрів по силі і типу, а також їх кількісну оцінку [8,10]. Теоретичні методи, які засновані на квантово-хімічному моделюванні [9,12-14], дозволяють визначити тип і природу активних центрів та прогнозувати перебіг можливих кислотно-основних процесів на поверхні. Недоліком усіх запропонованих методів є те, що їх результати підтверджені, як правило, за допомогою «чистих» речовин, тобто матеріалів, які складаються з одного оксиду. Крім того, для отримання достовірної комплексної оцінки необхідно користуватись декількома відомими методами, що ускладнює процес. Використання даних методів для досліджень природних полімінеральних матеріалів приводить до суперечливих результатів та викликає певні питання і труднощі.

Мета і завдання. В задачу дослідження входила розробка експериментально-теоретичного методу для комплексної оцінки кислотно-основних властивостей поверхні полімінеральних дисперсних наповнювачів оксидної природи.

Результати дослідження. В основі запропонованого методу лежать експериментальні фізико-хімічні дослідження та теоретичний підхід квантово-хімічного моделювання поверхневих активних центрів оксидних матеріалів. Метою методу є комплексна оцінка кислотно-основних властивостей дисперсних полімінеральних наповнювачів, яка включає:

- визначення хімічної будови та природи активних центрів, що переважають на поверхні наповнювача;
- визначення констант дисоціації (депротонізації) pK_a активних центрів;
- кількісне визначення поверхневих активних центрів з певними pK_a на поверхні;
- інтегральну (загальну) оцінку кислотності поверхні дисперсного наповнювача.

Виходячи з результатів досліджень щодо будови гідроксильно-гідратного шару поверхні, можна стверджувати, що його структура складається з хімічно зв'язаних молекул води, які утворюють шар гідроксильних ОН-груп (центрів Бренстеда) та наступних гідратних шарів з молекул води, пов'язаних з гідроксильним шаром водневими зв'язками. Крім того, припускається, що на поверхні оксидів можуть існувати апротонні кислотні та основні центри Льюїса, але кількість яких на повітряно-сухих наповнювачах, мабуть, є невеликою. Формальна схема утворення гідроксильного поверхневого шару оксидних матеріалів шляхом хімічної адсорбції молекул води представлена на рис.1.

У якості шкали кислотності активних центрів гідроксильно-гідратного шару була обрана pK_a -шкала, яка обмежена граничними значеннями констант дисоціації молекул води по кислотному та основному механізмам [11]:

$$-1,76 < pK_a < +15,76.$$



Рис. 1. Формальна схема утворення гідроксильного шару поверхні

Встановлено [10], що гідроксильний шар включає декілька типів активних центрів: ізолювані центри, які містять одну, дві або три ОН-групи, та віцинальні центри, в яких дві гідроксильні групи пов'язані між собою водневим зв'язком. В табл. 1 представлені моделі активних центрів гідроксильного шару оксидних наповнювачів та формули для розрахунку їхньої кислотної сили.

Таблиця 1 - Моделі активних центрів гідроксильного шару поверхні та схеми процесів їх депротонізації

Схема процесу депротонізації активних центрів	Формули розрахунку константи депротонізації
Ізольований центр з однією ОН-групою $\equiv E - OH \leftrightarrow \equiv E - O^- + H^+$	$K_a = \frac{[H^+] \cdot [\equiv E - O^-]}{[\equiv E - OH]}$ $pK_a = pH - \lg \frac{[\equiv E - O^-]}{[\equiv E - OH]}$
Ізольований центр з двома ОН-групами $= E = (OH)_2 \leftrightarrow = E = (OH)O^- + H^+$	$K_a = \frac{[H^+] \cdot [= E = (OH)O^-]}{[= E = (OH)_2]}$ $pK_a = pH - \lg \frac{[= E = (OH)O^-]}{[= E = (OH)_2]}$
Ізольований центр з трьома ОН-групами $-E \equiv (OH)_3 \leftrightarrow -E \equiv (OH)_2O^- + H^+$	$K_a = \frac{[H^+] \cdot [-E \equiv (OH)_2O^-]}{[-E \equiv (OH)_3]}$ $pK_a = pH - \lg \frac{[-E \equiv (OH)_2O^-]}{[-E \equiv (OH)_3]}$
Віцинальний центр з двома ОН-групами, пов'язаними водневим зв'язком $-E_2O(OH)_2 \leftrightarrow -E_2O(OH)O^- + H^+$	$K_a = \frac{[H^+] \cdot [-E_2O(OH)O^-]}{[-E_2O(OH)_2]}$ $pK_a = pH - \lg \frac{[-E_2O(OH)O^-]}{[-E_2O(OH)_2]}$

Примітка: кількість зв'язків у центрального елемента Е визначається його координаційним числом.

За допомогою квантово-хімічного моделювання в роботі [15] були розраховані значення рКа для усіх ізольованих центрів і показано, що їх кислотність залежить від природи центрального елемента Е та зростає при збільшенні кількості ОН-груп, а віцинальні центри характеризуються найбільшою кислотністю ніж будь-які ізольовані.

При адсорбції молекул води з повітря на ОН-групах гідроксильного шару за допомогою водневих зв'язків утворюються гідратні шари поверхні. Авторами [10] експериментально-розрахунковим шляхом встановлено, що на кожному активному центрі можуть адсорбуватись від 1 до 5 молекул води. В роботі [15] були розраховані кислотно-основні параметри гідратованих центрів і встановлено, що при

збільшенні кількості адсорбованих молекул води кислотність усіх типів центрів зростає. Запропоновані залежності зміни рКа від природи центрального елемента Е, кількості ОН-груп та від ступеня гідратації (кількості молекул води) дозволяють, знаючи рКа центрів, визначити їхню природу та хімічну будову.

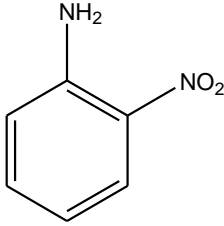
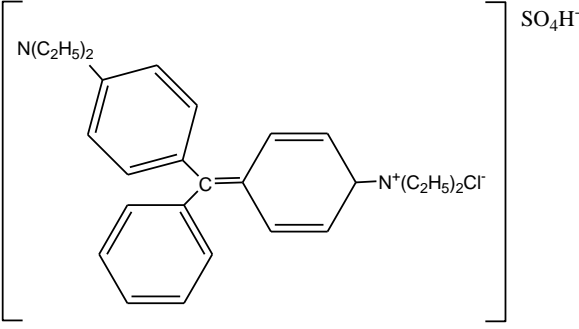
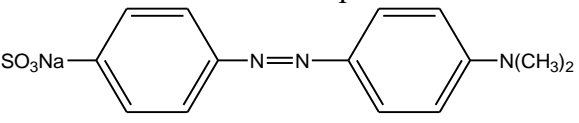
Для кількісного визначення активних центрів поверхні з певним значенням рКа, користуються методом адсорбції кольорових індикаторів Гамета з водних розчинів [8,11,16]. Метод дозволяє визначити кількість активних центрів на поверхні, а також їхню диференціацію по силі і типу. Його недоліком є неможливість встановлення інтегральної (загальної) кислотності поверхні. Для цього зазвичай ко-

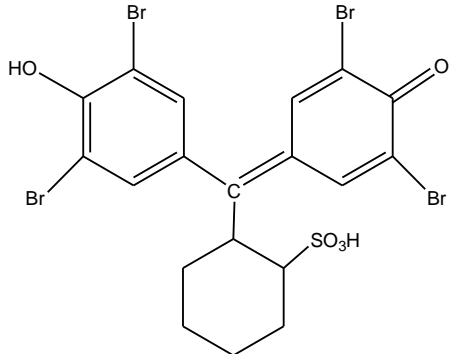
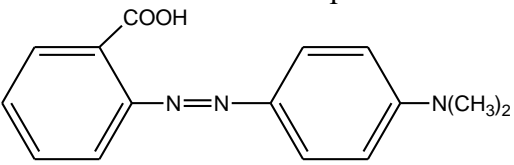
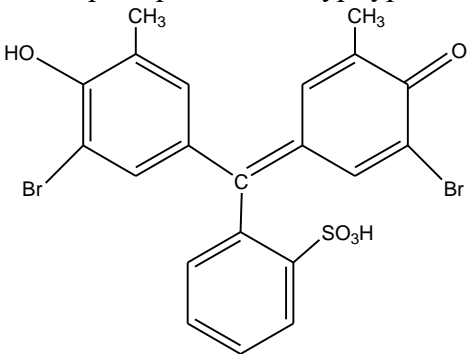
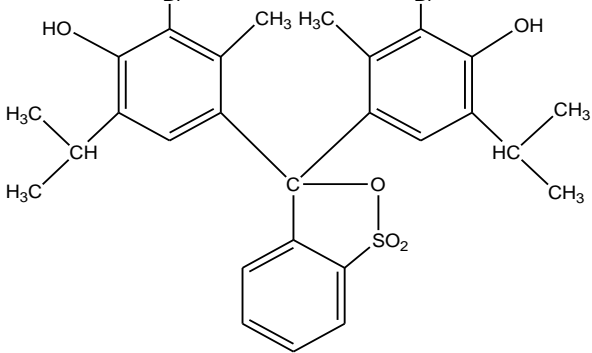
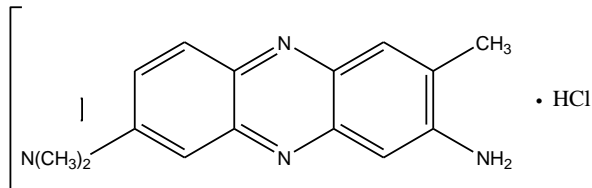
ристуються потенціометричними методами (метод рН-метрії у випадку водних розчинів). При цьому визначається рН так званого «нульового» розчину (суспензії), в якому спостерігається ізостан поверхні, тобто такий стійкий стан інертності твердого тіла у розчині, що визначається відсутністю масо переносу заряджених частинок (іонів) [11]. Цей стан характеризується ізоточкою, в якій спостерігається рівновага між іонами твердого тіла та іонами розчину як з точки зору маси (ізоадсорбційний стан), так і з точки зору заряду (ізоелектричний стан). При такому визначенні у рівноважному стані рН суспензії є сумарним показником багатьох процесів, що протікають на поверхні поділу фаз у водному розчині: гідратації, дисоціації, гідро-

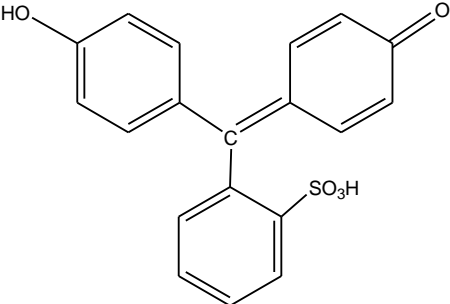
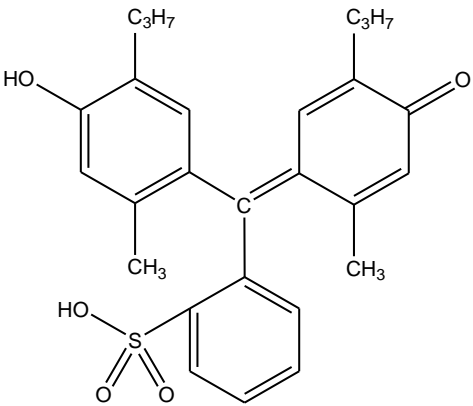
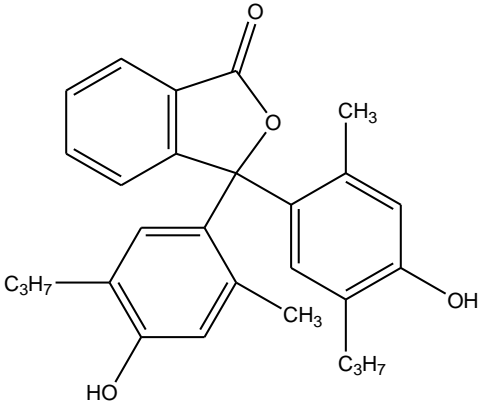
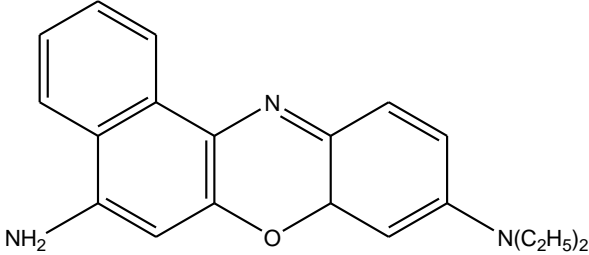
лізу, адсорбції та ін. Інформативність результатів є безперечно суттєвою, але, на наш погляд, занадто узагальненою.

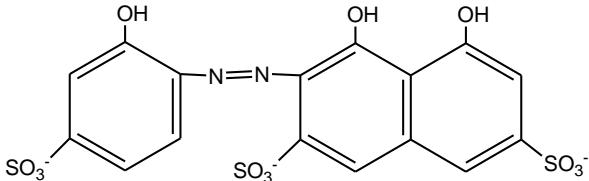
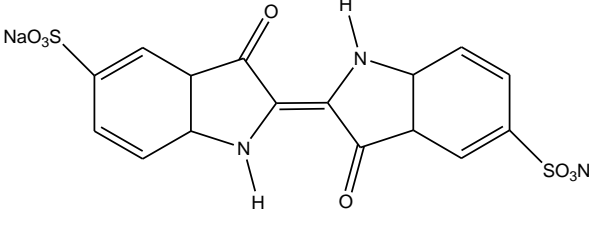
Тому з метою удосконалення існуючого методу, до відомої методики [16] пропонуються певні зміни та доповнення. Так, спектр кольорових індикаторів, які використовуються для аналізу, пропонується добирати таким чином, щоб спостерігалась приблизна рівновіддаленість значень рКа індикаторів кислотного та основного характеру від нейтрального значення рКа = 7. Ця умова дає можливість для розрахунку показника інтегральної (загальної) кислотності поверхні в рамках методу. Набір індикаторів, що пропонується для дослідження, наведений у табл. 2.

Таблиця 2 - Характеристика кольорових індикаторів Гамета

Назва та хімічна формула індикатора	Основні характеристики індикатора	
<p>1. О-нітроанілін</p> 	<p>рКа λ_{max}, нм рН переходу кольору М_{сер.}, г/моль</p>	<p>-0,29 410 5 (безбарвний) – 7 (жовтий) 144,18</p>
<p>2. Діамантовий зелений</p> 	<p>рКа λ_{max}, нм рН переходу кольору М_{сер.}, г/моль</p>	<p>+1,3 610; 400 0,1 (жовтий) - 2,6 (зелений) 482,64</p>
<p>3. Метилловий оранжевий</p> 	<p>рКа λ_{max}, нм рН переходу кольору М_{сер.}, г/моль</p>	<p>+3,46 460 3,1 (червоний) - 4,4 (жовтий) 327,33</p>

Назва та хімічна формула індикатора	Основні характеристики індикатора	
<p>4. Бромфеноловий синій</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору M_{сер.}, г/моль</p>	<p>+4,1 436; 592; 540 3,0 (жовтий)-4,6(синій) 669,97</p>
<p>5. Метилловий червоний</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору M_{сер.}, г/моль</p>	<p>+5,0 530; 430; 400 4,2 (червоний) - 6,2 (жовтий) 269,30</p>
<p>6. Бромкрезоловий пурпурний</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору M_{сер.}, г/моль</p>	<p>+6,4 433; 591; 540 5,2 (жовтий) - 6,8 (пурпурний) 540,23</p>
<p>7. Бромтимоловий синій</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору M_{сер.}, г/моль</p>	<p>+7,3 430; 617 6,0 (жовтий) - 7,6 (синій) 624,39</p>
<p>8. Нейтральний червоний</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору M_{сер.}, г/моль</p>	<p>+7,4 440 6,8(червоний) - 8,4(янтарно-жовтий) 288,78</p>

Назва та хімічна формула індикатора	Основні характеристики індикатора	
<p>9. Феноловий червоний</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору $M_{\text{сер.}}$, г/моль</p>	<p>+8,0 430 6,4 (жовтий) - 8,0 (червоний) 354,38</p>
<p>10. Тимоловий синій</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору $M_{\text{сер.}}$, г/моль</p>	<p>+8,8 544; 430; 490 8,0 (жовтий) - 9,6 (синій) 466,60</p>
<p>11. Тимолфталеїн</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору $M_{\text{сер.}}$, г/моль</p>	<p>+9,7 364; 400 9,3(безбарвний) - 10,5 (синій) 430,5</p>
<p>12. Нильський блакитний А</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору $M_{\text{сер.}}$, г/моль</p>	<p>+10,5 640; 670 10,1 (синій) - 11,1 (червоний) 353,85</p>

Назва та хімічна формула індикатора	Основні характеристики індикатора	
<p>13. Хромовий темно-синій</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору M_{сер.}, г/моль</p>	<p>+12,4 490; 600; 540 9,5 (синьо-фіолетовий) - 11(оранжевий) 518,82</p>
<p>14. Індигокармін</p> 	<p>pKa λ_{max}, нм рН переходу кольору M_{сер.}, г/моль</p>	<p>+12,8 610 11,6 (синій) - 14,0 (жовтий) 422,38</p>

Концентрація активних центрів з певною силою рКа розраховується за формулою:

$$q = NcV \frac{(|D_0 - D_1|/a_1) \pm (|D_0 - D_2|/a_2)}{D_0 \cdot S}, \quad (1)$$

де q – кількість активних центрів, 1/см²; N – число Авогадро (6,02·10²³ 1/моль); c – концентрація розчину індикатора, моль/л; V – об'єм розчину індикатора, л; S – питома поверхня наповнювача, см²/г; D₀, D₁, D₂ – оптична густина холостого розчину, розчину індикатора до та після адсорбції відповідно; a₁, a₂ – наважки наповнювача у вимірювальному та холостому досліді, г.

Для інтегральної (загальної) характеристики кислотно-основних властивостей поверхні наповнювачів через бренстедівську кислотність пропонується розраховувати показник Q. Для цього розраховуються сумарні значення кількості центрів Бренстеда кислотного характеру (pKa < 7) ∑q_A і основних центрів (pKa > 7) ∑q_B та знаходиться Q як відношення суми кислотних центрів до суми основних:

$$Q = \frac{\sum q_A}{\sum q_B} \quad (2)$$

Отриманий показник дає можливість оцінити поверхню загалом як нейтральну (Q ≈ 1), кислотну (Q > 1) або основну (Q < 1). При цьому вважається, що чим більше

значення Q, тим більш кислотними властивостями характеризується поверхня. Відповідно, чим менше це значення від 1, тим більш основною є поверхня наповнювача.

Запропонований показник інтегральної кислотності поверхні Q має певні переваги та недоліки. Основним недоліком є той факт, що значення Q не дозволяє оцінити кислотно-основні властивості поверхні за Льюїсом і для цього необхідні додаткові експериментальні дослідження (наприклад, метод адсорбції молекул газів). Перевагами є можливість більш повного уявлення про кислотно-основну природу поверхні будь-яких дисперсних матеріалів (в тому числі і полімінеральних) або наповнювачів в рамках невеликої кількості експериментальних та розрахункових операцій.

Можливість використання показника Q для інтерпретації результатів дослідження впливу кислотно-основних властивостей поверхні наповнювачів на структуру та властивості епоксиполімерних композитів будівельного призначення підтверджена у роботах [17,18]. За допомогою цього показника були встановлені деякі закономірності впливу кислотності поверхні дисперсних полімінеральних напо-

внювачів на структуру (густина і молекулярну масу міжвузлового фрагменту) [17] та деякі експлуатаційні характеристики (міцність, горючість і термостійкість) наповнених епоксиполімерів [17,18].

Висновки. Таким чином, в ході досліджень проведена узагальнююча характеристика існуючих методів визначення кислотно-основних властивостей дисперсних мінеральних матеріалів оксидної природи. Запропонований удосконалений метод, який, використовуючи мінімальні експериментальні та теоретичні дослідження, дозволяє отримати найбільш повне уявлення та комплексну оцінку кислотно-основних властивостей поверхні дисперсних наповнювачів. Обґрунтована доцільність введення показника інтегральної (загальної) кислотності в рамках удосконаленого методу, який необхідний для інтерпретації результатів дослідження та встановлення закономірностей впливу природи та властивостей поверхні наповнювачів на структуру і характеристики композитів будівельного призначення.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Демченко В.Л. Вплив наповнювачів на процеси структуроутворення та властивості полімерних композиційних матеріалів / В.Л. Демченко, В.І. Унрод, С.П. Бененко // Вісник ЧДТУ. – 2013. - №4. – С.149-154.
2. Кузьмина С.В. Оптимизация составов и исследование свойств эпоксидных композитов, модифицированных наноматериалами / С.В. Кузьмина, Е.Н. Прудков // Научный вестник ВГАСУ. Строительство и архитектура. – 2011. - №2(22). – С.52-57.
3. Tiburcio A.C. The effects of filler/polymer acid-base interactions in model coating systems / A.C. Tiburcio, J.A. Manson // Acid-Base Interactions: Relevance to Adhesion Science and Technology. – Utrecht, the Netherlands, Tokyo, Japan. – 1991. – P.313-328.
4. Ситников П.А. Влияние кислотно-основных свойств поверхности оксида алюминия на реакционную способность с эпоксидными соединениями / П.А. Ситников, Ю.И. Рябков, М.А. Рязанов, А.Г. Белых, И.Н. Васенева, М.С. Федосеев, В.В. Терешатов // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2013. – Вып. 3(15). – С.19-26.
5. Яковлева Р.А. Исследование поверхностных свойств дисперсных минеральных наполнителей для получения коррозионно-стойких строительных мастик на основе эпоксиполимеров / Р.А. Яковлева, Ю.М. Данченко, Е.В. Латорец // Коммунальное хозяйство городов. – 2002. - №43. – С.60-63.
6. Глазков С.С. Методология создания наполненных композитов из вторичных полимеров на основе моделей совмещения компонентов / С.С. Глазков. – Автореф. дис....докт. техн. наук: 05.17.06 – технология и переработка полимеров и композитов. – Бийск, 2010. – 54с.
7. Varabash O. Influence of the acid-base surface centers of fiber fillers on the curing process of the epoxy composites / O. Varabash, Yu. Popov, Yu. Danchenko // Chemistry & Chemical Technology 2013 (CCT-2013), 21-23 November, 2013. – Lviv, Ukraine. – P.100-101.
8. Weissenbach K. Silane coupling agents / K. Weissenbach, H. Mack // Functional Fillers for Plastics. – WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim. – 2005. – P.59-83.
9. Baldan A. Review of adhesively-bonded joints and repairs in metallic alloys, polymers and composite materials: Adhesives, adhesion theories and surface pretreatment / A. Baldan // J. of Mater. Sc. – 2004. – Vol.39. – P. 1-49.
10. Тарасевич Ю.И. Поверхностные явления на дисперсных материалах / Ю.И. Тарасевич. – К.: Наукова думка, 2011. – 390с.
11. Иконникова К.В. Теория и практика рН-метрического определения кислотно-основных свойств поверхности твердых тел / К.В. Иконникова, Л.Ф. Иконникова, Т.С. Минакова, Ю.С. Саркисов. – Томск: Изд-во Томск. политехн. ун-та, 2011. – 85с.
12. Чукин Г.Д. Химия поверхности и строение дисперсного кремнезема / Г.Д. Чукин. – М.: Типогр. Паладин, ООО «Принта», 2008. – 172с.
13. Кравченко А.А. Квантово-хімічне моделювання протолітичної рівноваги поверхні кремнезему / А.А. Кравченко, Дем'яненко Є.М., Гребенюк А.Г., Лобанов В.В. // Хімія, фізика та технологія поверхні. – 2014. – Т.5, №1. – С.16-22.
14. Розенбаум В.М. Колебательные и ориентационные состояния поверхностных групп атомов / В.М. Розенбаум, Огенко В.М., Чуйко А.А. // Успехи физических наук. – 1991. – Т.161, №10. – С.79-119.

15. Danchenko Yu. M. Research the surface properties of oxide materials by quantum chemical modeling / Yu. M. Danchenko // Науковий вісник будівництва. – 2016. - №3(85). – С.125-128.
16. Яковлева Р.А. Практикум з науково-дослідної роботи студентів та аспірантів. Полімери в будівництві / Р.А. Яковлева, Т.М. Обіженко, Ю.М. Данченко та ін. – Х.: ХДТУБА, 2012. – 150с.
17. Данченко Ю.М. Вплив кислотно-основних властивостей поверхні полі мінеральних наповнювачів на структуру та характеристики епоксикомпозитів / Ю.М. Данченко, Ю.В. Попов, О.С. Барабаш // Вопросы химии и химической технологии. – 2016. - №3. – С.53-60.
18. Danchenko Yu. M. Thermooxidativ and thermomechanical stability epoxy polymer composites of construction / Yu. M. Danchenko, Yu.V. Popov, V.P. Sopov // International Conference on Thermal Analysis and Calorimetry in Russia (RTAC-2016).- St. Petersburg: SPbPU Publisher,2016. – V.1. – P.702-706.

УДК 666.97.033

Назаренко І.І.,

Київський національний університет будівництва і архітектури,

Нестеренко М.М., Жигилій С.М., Нестеренко Т.М.

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ З ВИЗНАЧЕННЯМ ЗАКОНІВ РУХУ ТА НАПРУЖЕНЬ В ШАРІ БЕТОННОЇ СУМІШІ, ЩО УЩІЛЬНЮЄТЬСЯ ПРИ КІНЕМАТИЧНОМУ ЗБУДЖЕННІ КОЛИВАНЬ

Постановка проблеми. Наведені у працях [1–3] основи теорії коливань з урахуванням пружних і дисипативних властивостей досліджуваного середовища є теоретичним підґрунтям для методів розрахунку вібраційних машин [4–5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Як відомо, середовище здійснює опір руху робочого органу своїми пружно-інерційними і дисипативними складовими, які за аналогією прийнято називати реактивними (пружно-інерційні) та активними (дисипативні) складовими [1]. За прийнятою методикою [1] вплив середовища розглядається класичним шляхом рішення рівняння руху середовища при врахуванні граничних умов (сил, що діють від робочого органу в зоні контакту або, наприклад, амплітуди коливань робочого органу і середовища в контакті є однаковими, а на поверхні – тиск дорівнює нулю). При цьому отримуємо загальну формулу для визначення закону ущільнювального середовища у вертикальному напрямку.

Виділення не розв’язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Прийнято вважати [1], що найбільш вірним є врахування оброблюваного середовища у вигляді розподілених параметрів. Однак, такий підхід можливий для гармонійних коливань, а для ударних і віброударних коливань такий підхід застосувати складно, у силу того, що за таких режимів виникають відмінні від основної інші частоти, і тоді принцип суперпозиції застосовувати не можливо. Тому в роботі приймається змішана дискретно-континуальна модель, яка побудована за наступних міркувань. Передбачається, що оброблюване середовище моделюється системою із розподіленими параметрами, а в рівняння спільного руху в системі «установка-виріб» входить у дискретному вигляді. Такий підхід дозволяє скласти загальну розрахункову схему, а рівняння руху складаються на основі розгляду прискорень контактної зони.

Формулювання цілей статті. Основною задачею даної роботи є теоретичне