

УДК 66.092.89

*І. В. ХИТРОВА, Т. Б. НОВОЖИЛОВА***УТИЛІЗАЦІЯ ГІДРОЛІЗНОГО ЛІГНІНУ В ЯКОСТІ СТРУКТУРУЮЧОЇ ДОБАВКИ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ВУГЛЕЦЬ-МЕТАЛЕВИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ СИСТЕМ**

Технічний гідролізний лігнін відноситься до найбільш крупних відходів гідролізного виробництва і складає 30 – 40 % сировини, що переробляється. Тому розробка нових напрямків його утилізації є актуальною задачею. Метою даної роботи було вивчення можливості регулювання однорідності вуглець-металевих композиційних систем, які знаходять широке використання у багатьох галузях промисловості, в тому числі і як сировина для синтезу алмазів, шляхом введення в них на стадії приготування гідролізного лігніну як добавки, що структурує.

**Ключові слова:** лігнін, вуглець-металева композиція, коксування, однорідність, показник неоднорідності, добавка, що структурує.

Технический гидролизный лигнин относится к наиболее крупным отходам гидролизной промышленности и составляет 30 – 40 % от перерабатываемого сырья. Поэтому разработка новых направлений его утилизации является актуальной задачей. Целью данной работы было изучение возможности регулирования однородности углерод-металлических композиционных систем, которые находят широкое применение во многих отраслях промышленности, в том числе и как сырье для синтеза алмазов, путем введения в них на стадии приготовления гидролизного лигнина в качестве структурирующей добавки.

**Ключевые слова:** лигнин, углерод-металлическая композиция, коксование, однородность, показатель неоднородности, структурирующая добавка.

During the process of reprocessing wood on the hydrolyzed and biochemical plants plenty of wastes appears as the hydrolyzed lignin (approximately 30 % of the done wood). On this time only 5 % lignin used as a bad quality fuel, and other practically are not used. The carried out experiments of lignin utilization as structure-forming addition for adjusting homogeneity of the system at the process of creation carbon-metal compositions (CMC). One of more important tasks that stand before modern science is a production of composition materials with the beforehand set properties, with the complex of increased mechanical, physical and special properties in the wide interval of temperatures and in various terms. For solving these tasks, great attention is spared to carbon materials that find application in different industries of technique both independent objects and in combination with metals. One of basic technological problems at the creation of carbon-metal compositions (CMC) there is an attainment of uniform distribution of particles of metallic powder in the volume of composition material, since at high temperatures metal settles in molten pitch. The carried out experiments reveal expediency of adjusting of homogeneity of CMC, made by coking of oilstock, by injection to the system on the stage of coking of addition of the hydrolyzed lignin. The developed method of adjusting of homogeneity of CMC is based on the increase of structural-mechanical strength and viscosity of the system and creation active dynamic obstacles on the way of sedimentation metallic parts.

**Keywords:** lignin, carbon-metal composition, coking, homogeneity, inhomogeneity index, structuring additive.

**Вступ.** Прагнення людства досягнути високих рубежів у науці, виробництві безпосередньо зв'язане із збільшенням споживання великої кількості матеріальних ресурсів, паливних, рудних, лісових, сільськогосподарських матеріалів, прісної води та ін. В той же час недосконалість виробництва призводить до того, що значна частина добутих ресурсів і напівпродуктів, для яких до моменту розробки технології не знайдено раціональне застосування, зазвичай називають відходами, хоча по суті ці напівпродукти чи промпродукти – результат незавершеного виробництва. Відходи гідролізної промисловості не тільки знижують ефективність виробництва, але і забруднюють навколишнє середовище та впливають на організм людини. Отже, в гідролізній промисловості, як і в інших галузях, необхідне створення безвідходної технології, безвідходного виробництва.

Використання відходів гідролізної промисловості дозволяє отримати не лише великий техніко-економічний, але і значний соціальний ефект від зменшення чи попередження забруднення середовища проживання. В першу чергу при розробці напрямків утилізації не-

обхідно враховувати вуглецевмісну природу цих матеріалів та їх реакційну активність.

Технічний гідролізний лігнін відноситься до найбільш великотонажних відходів гідролізного виробництва і складає 30 – 40 % сировини, що переробляється.

Гідролізний лігнін являє собою твердий залишок після обробки деревини та рослинних сільськогосподарських відходів 0,5 – 40 % розчином сірчаної кислоти методом перколяції через шар матеріалу при температурі 180 – 190 °С і тиску 1,2 – 1,5 МПа в апаратах періодичної та безперервної дії [1 – 2].

**Постановка задачі.** В теперішній час визначилось чотири основних напрямки промислового використання гідролізного лігніну: в натуральному вигляді; шляхом хімічної переробки; шляхом термічної переробки; як енергетичного палива [3 – 7].

Розглянуті вище методи реально придатні для ліквідації порівняно невеликої кількості накопиченого лігніну і навряд чи можуть кардинально вирішити проблему його утилізації. Тому розробка нових напрямків утилізації гідролізного лігніну є актуальною

задачею.

Нами було проведено експерименти по утилізації лігніну в якості структуруючої добавки при отриманні вуглець-металевих композиційних систем. Як відомо, одним із найважливіших завдань, що стоять перед сучасною наукою, є виробництво композиційних матеріалів з задалегідь заданими властивостями, з високим комплексом підвищених механічних, фізичних та спеціальних властивостей у широкому інтервалі температур і в різноманітних умовах.

Для вирішення даних задач все більшу увагу дослідників займають вуглецеві матеріали, які знаходять широке застосування в різноманітних галузях техніки в якості як самостійних об'єктів, так і в композиції з металами [8 – 11].

Однією із основних технологічних проблем при одержанні вуглець-металевих композицій (ВМК) являється досягнення рівномірного розподілу частинок металічного порошку в об'ємі композиційного матеріалу, оскільки при високих температурах метал осідає в розплавленому пеку.

**Мета роботи.** Метою даної роботи було регулювання однорідності ВМК систем, що являються сировиною для синтезу алмазних шліфпорошків.

Однорідність – одна із найважливіших характеристик ВМК, що визначає можливість подальшого використання їх в практичних цілях. Лише рівномірне розподілення по всьому об'єму металу робить можливою його повноцінну участь в процесі структуроутворення вуглецевої речовини, оскільки область переробленого вуглеводню являє собою сферу, що складається із концентраційних зон, що оточують ділянки знаходження вихідних металевих часток. Отже, при сприятливих умовах розподілення металу в матриці із недосконалого вуглецевого матеріалу реакція їх взаємодії буде розповсюджуватись рівномірно по всім напрямкам.

**Методика експерименту.** Регулювання однорідності ВМК здійснювалося введенням в масу, що коксується, структуруючих добавок – лігніну та сажі.

Схема експериментальної лабораторної установки коксування представлена на рисунку 1. Установка складається із циліндричного реактора вертикального типу 1, що обігривається електропіччю 2. Реактор жорстко з'єднаний відвідною трубкою з холодильником – конденсатором 3 типу «труба в трубі» з водяним протиточним охолодженням.

Конденсат із холодильника попадає в скляний приймальник 4. Газова лінія включає барботер 5 і газовий лічильник 6. Установка забезпечена засобами вимірювання та регулювання параметрів процесу. Реактори, що виготовлені із термостійкого скла, являють

собой вертикальну циліндричну ємкість, забезпечену відвідним похилим патрубком, карманом термопари та центральним отвором для загрузки сировинної композиції, що закривається в процесі коксування пробкою на шліфі.

Для проведення експериментів, що потребують однакового режиму, застосовувались реактори діаметром 25 мм і спеціально виготовлена багатосекційна електронагрівальна піч, конструкція якої дозволяє проводити коксування десяти зразків одночасно.

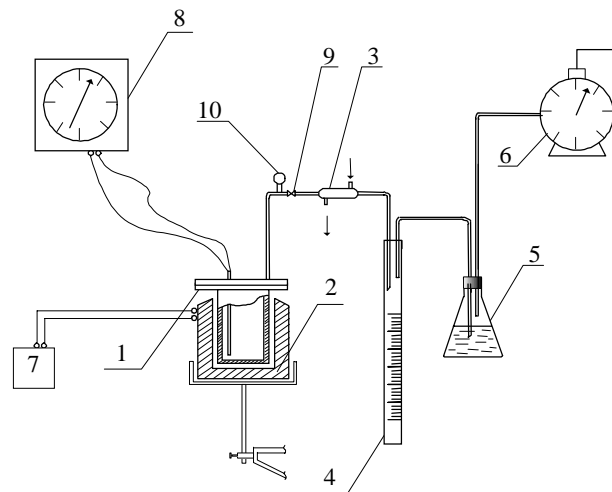


Рис. 1 – Схема лабораторної установки коксування

Нагрів секцій здійснювався від спільної ніхромової спіралі, намотаної таким чином, що забезпечувались ідентичні температурні режими в кожній із секцій. Перепад температур при максимальному нагріві не перевищував 7 °С, при мінімальному – 3 °С. Застосування скляних реакторів дозволило визначити показник неоднорідності композиції, не витягуючи її із реактора.

Гомогенізовані суміші нафтового пеку, подрібнені менш ніж 250 мкм, модельного залізного порошку, подрібненого до 100 – 250 мкм, що містять структуруючу добавку в кількості від 0 до 30 % мас, загрузжали в реактор і включали обігрів. Коксування сировинної суміші проводили на протязі 180 хв. при температурі 460 – 480 °С та атмосферному тиску. Нагрів реакційної маси до кінцевої температури здійснювали із швидкістю 2,5 град/хв. Кількість залізного порошку у всіх дослідях залишалася постійною і складала 40 % мас.

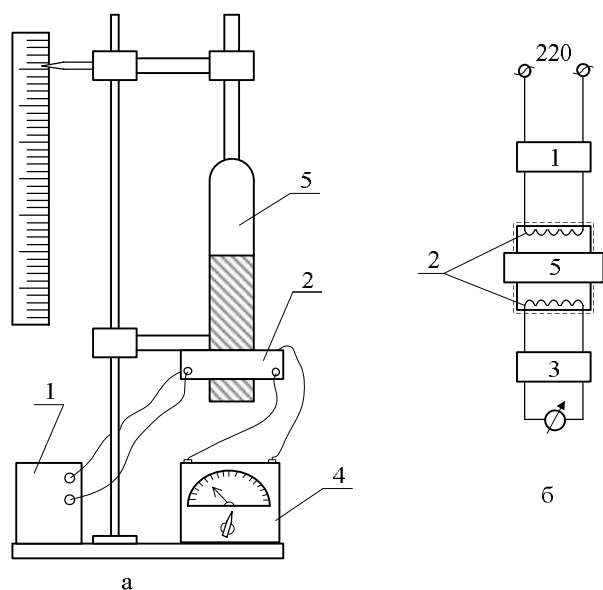
В результаті в нафтових залишках накопичуються міцні зв'язки, а слабкі щезають. Цей відбір зв'язків по міцності і визначає безперервне ущільнення їх молекулярної структури, що обумовлює її міцність.

Про закінчення процесу коксування судили по зупиненню виділення рідких фракцій.

Після цього температуру в реакторі підвищували до 500 – 510 °С та просушували масу на протязі 120 хв.

**Метод оцінки однорідності ВМК по зміні магнітної проникності середовища.** Для визначення ступеня однорідності композицій, що містять метал, який володіє магнітними властивостями, нами розроблено прилад та методику, що дозволяють визначити концентрацію магнітного металу в одиниці об'єму композиції.

Схема приладу представлена на рисунку 2.



1 – блок живлення, 2 – котушка індуктивності, 3 – перетворюючий пристрій, 4 – міліамперметр, 5 – зразок  
Рис. 2 – Прилад для визначення однорідності ВМК:  
а – загальний вид, б – котушка індуктивності.

Принцип роботи приладу ґрунтується на вимірюванні магнітної проникності середовища в магнітному полі котушки індуктивності. Котушка індуктивності складається із двох обмоток – обмотки живлення та вимірювальної. На обмотку живлення подається напруга змінної частоти величиною 5 В. При цьому у вимірювальній обмотці індуктується змінна напруга, величина якої визначається об'ємним вмістом металу, що знаходиться в полі дії котушки. Конструктивно котушка виконана у вигляді тонкого екранованого кільця з внутрішнім наскрізним отвором діаметром 30 мм. Величина вихідної напруги вимірювалась міліамперметром, включеним через перетворюючий пристрій.

Отриманий коксуванням зразок ВМК після охолодження до кімнатної температури, не витягуючи із скляного реактору, переміщували в полі котушки індуктивності, вимірюючи його магнітну проникність в різноманітних точках по висоті зразку.

**Об'єкти дослідження.** Для отримання ВМК використовувався нафтовий пек, отриманий термополіконденсацією смоли піролізу вуглеводневих газів Лісчанського нафтопереробного заводу.

Цей продукт був вибраний як сировина коксування, виходячи із підвищених вимог до структури вуглецевих матеріалів – сировини для синтезу алмазів. Така важка, високоароматизована сировина дистилятного походження характеризується високою концентрацією поліциклічних ароматичних вуглеводнів, коксування яких дає кокс найбільш упорядкованої структури. Перевагою дистилятної сировини є також відсутність природних асфальтенів, що утворюють при коксуванні кокс найменш сприятливої губчастої структури.

В якості вуглецевої структуруючої добавки використовували лігнін Київського картоно-паперового комбінату. Вихідний лігнін підсушували до вологості 40 %, подрібнювали і відбирали фракцію 1 – 250 мкм.

Лігнін має сильно розвинуту внутрішню капілярну систему, яка визначає його високу реакційну здатність, гігроскопічність і водопоглинання.

Загальний об'єм пор лігніну в інтервалі радіусів від 50 до 300000 Å складає 0,75 см<sup>3</sup>/г. Максимум об'єму пор припадає на досить широкий інтервал радіусів – від 3000 до 300000 Å. Гігроскопічність лігніну 110 – 120 мг/г, водопоглинання 0,85 – 1,1 см<sup>3</sup>/г.

**Результати експерименту та їх обговорення.** 3 метою виявлення впливу концентрації вуглецевих структуруючих добавок на однорідність ВМК була проведена серія експериментів, в яких кількість добавки змінювалась від 0 до 30 % мас. Металевий порошок застосовувався у вигляді порошку, подрібненого менш ніж 250 мкм. Кількість його у всіх дослідах залишалась однаковою і складала 40 % мас. Реакційну масу до кінцевої температури коксування розігрівали із швидкістю 2,5 град/хв. Результати експериментів представлені на рисунку 3.

Крива, представлена на рисунку 3, може бути умовно розділена на дві частини. Дію структуруючої добавки на першій ділянці можна пояснити утворенням складних агрегатів, ядром яких являється частинка добавки, а низькокиплячі складові пеку утворюють сольватну оболонку.

Структурно-механічна міцність нафтових дисперсних систем визначається, головним чином, товщиною сольватної оболонки, що утворюється навкруг частин твердої фази, яка складається із смол та ароматичних вуглеводнів і володіє специфічними властивостями. Такі оболонки мають деяку пружність, притаманну твердому тілу, і викликають розклинюючий тиск, який діє на частинки твердої фази, прагнучи їх

розсунути, відштовхнути один від одного. Чим менша товщина сольватної оболонки, тим вища структурно-механічна міцність системи [12, 13].



Рис. 3 – Залежність показника неоднорідності ВМК від кількості вуглецевих структуруючих добавок (гідролізний лігнін)

По мірі збільшення кількості добавки система на першій ділянці зазнає поступового переходу із вільно-дисперсного стану, коли вона має низьку структурно-механічну міцність, що робить ймовірним розшарування її на фази, в зв'язано-дисперсний стан. На даному етапі відбувається формування суцільної просторової сітки з високою міцністю, всередині якої в іммобілізаційному вигляді міститься дисперсійне середовище. Зміна граничної напруги зсуву, яка являється показником структурно-механічної міцності системи, по мірі збільшення кількості добавки показана на рисунку 4.

У відповідності із формулою Ейнштейна:

$$v = v_1(1 + 2,5\phi), \quad (1)$$

де:  $v$  – в'язкість дисперсної системи;  $v_1$  – в'язкість дисперсійного середовища;  $\phi$  – об'ємна концентрація дисперсної фази.

В дисперсійному середовищі в'язкість системи не являється постійною і по мірі збільшення об'ємного вмісту дисперсної фази вона зростає і стає достатньою для підтримки частин металу у зваженому стані аж до моменту утворення каркасу коксового пірога.

За рахунок цього метал не осідає у розплавленому пеку, а задовільно розподіляється у всьому об'ємі маси, що коксується.

Можливість утворення та збереження стійких коагуляційних структур визначається, насамперед, виникненням контактів між дисперсійними фазами.

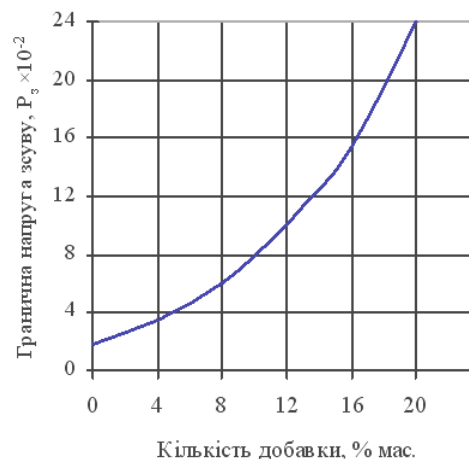


Рис. 4. – Залежність граничної напруги зсуву від кількості структуруючої добавки

При цьому сила зчеплення в контактах між ними має бути достатньою, щоб виключити седиментацію частин металічного порошку під дією сили вогкості.

У відповідності із теорією прилипання конденсованих фаз [14], формула для визначення сили зчеплення між частинками сферичної форми має вигляд:

$$F_3 = 2\pi \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2} (2\sigma_{13} - \sigma_{11}), \quad (2)$$

де:  $r_1$  та  $r_2$  – радіуси контактуючих часток;  $\sigma_{13}$  – енергія Гіббса одиниці поверхні розділу твердого тіла та дисперсійного середовища, тобто поверхневий натяг;  $\sigma_{11}$  – енергія Гіббса одиниці поверхні на границі контактуючих твердих тіл, якщо вони тотожні.

У випадку  $r_1 = r_2$ :

$$F_3 = \pi r (2\sigma_{13} - \sigma_{11}) = \pi r \Delta\sigma. \quad (3)$$

На другій ділянці добавка не впливає структуруючи, а виконує роль наповнювача. Володіючи низькою насипною щільністю, вона повністю заповнює об'єм пеку, за рахунок чого попереджується осідання металу.

Енергію зв'язку  $E$  та силу зміщення  $F_3$ , зокрема, сферичних частин, можна розрахувати, знаючи енергію міжмолекулярної взаємодії конденсованих систем [15]:

$$E = \frac{-A \cdot r}{12H}, \quad (4)$$

$$F_3 = \frac{A \cdot r}{12H}, \quad (5)$$

де:  $A$  – константа міжмолекулярної взаємодії конденсованих тіл;  $r$  – радіус часток;  $H$  – відстань між частками.

В останні роки експериментально методом схрещених ниток показано, що на малих відстанях молекулярне притягування  $F_3 \approx A/H^2$ , а на великих  $F_3 \approx B/H_3$ .

Розрахунок по наведеним вище співвідношенням показує, що для коагуляційного контакту, утвореного частинками твердої фази через рівноважний по товщині прошарок рідкого дисперсійного середовища,  $F_3$  складає  $10^{-8} - 10^{-12} H$  (перша ділянка кривих).

При безпосередньому атомному контакті між частинками  $F_3 \approx 10^{-7} - 10^{-9} H$ .

Таким чином, по мірі збільшення концентрації структуруючої добавки та переходу від розбавлених систем в область висококонцентрованих дисперсних систем можна виділити ряд найбільш вірогідних станів, що характеризуються фіксованою відстанню між частинами дисперсійних фаз  $H$  та, відповідно, рівнем енергії та сили взаємодії між частками:

1. Відстань  $H > H_2$ , де  $H_2$  відповідає положенню дальнього енергетичного мінімуму. Дисперсійна система кінетично стійка, неструктурована,  $F_3 = 0$ , володіє низьким значенням в'язкості для попередження осідання часток металічного порошку. Цей стан характерний для малокоцентрованих систем.

2.  $H = H_2$  – частинки зафіксовані у структурній сітці в положенні подальшої коагуляції. Дисперсна система слабоструктурована  $F_3 \approx 10^{-9} - 10^{-11} H$ .

3.  $H = H_1$  – відповідає сильним гідрофобним взаємодіям  $F_3 \approx 10^{-8} - 10^{-9} H$  з фіксацією частинок в положенні ближньої коагуляції в результаті подолання енергетичного бар'єру між ними, що характерно для висококонцентрованих систем.

4.  $0 < H < H_1$  – зближення частинок на відстань декількох (2–5) адсорбованих на поверхні частинок моношарів дисперсійного середовища, тобто в зону зростаючого розклинюючого тиску. Це положення частинок характерне для висококонцентрованих систем при гранично великій концентрації дисперсної фази у дисперсійному середовищі.

5.  $H \leq (3-4) \cdot 10^{-10}$  м – безпосередній атомний контакт, виникаючий в гранично заповнених системах при пробі адсорбційних шарів (сольватних оболонок) в результаті подолання їх розклинюючого тиску.

Перші три стани виникають по мірі підвищення концентрації структуруючих добавок в межах першої

ділянки кривих (0–20 % мас.), а друга ділянка (> 20 % мас.) характеризується двома останніми станами.

Однак введення добавки в кількості більше 20 % мас. негативно впливає на процес коксування. Як відомо [12], маса, що коксується, являє собою складну колоїдну систему, що містить газову, рідку та тверду фази. Тверда фаза утворюється в результаті зіткнення осколків молекул асфальто-смолистих речовин, які розпалися при їх достатній концентрації в рідкій фазі. Виниклі коксові зародки в подальшому ростуть, перетворюючись в макроскопічні частинки – агрегати конденсованих ароматичних вуглеводнів. На поверхні твердих частинок карбоїдів адсорбуються осколки складних молекул, що розпалися, при допомозі яких в подальшому розрізнені частинки карбоїдів зшиваються в міцну суцільну масу. При цьому відстань між зернами карбоїдів має бути певної величини. Присутність великих кількостей добавки збільшує відстань між карбоїдами, внаслідок чого зв'язуючого матеріалу недостатньо для зшивання частинок в суцільну масу. При цьому коксування завершується на поверхні розрізаних частин, виникає «автономне» коксування. Кокс виходить пухкий, з малою механічною міцністю та низької якості.

В процесі термічної деструкції нафтових залишків в результаті хімічних перетворень відбувається безперервна та необоротна зміна складу і відношення об'ємів дисперсної фази  $V_{д.ф.}$  і дисперсійного середовища  $V_{д.с.}$  за рахунок переходу асфальтенів, смол і поліциклічних ароматичних вуглеводнів із дисперсійного середовища в дисперсну фазу та відведення частини продуктів деструкції із зони реакції. В'язкість таких дисперсійних систем змінюється у відповідності з виведеною формулою Ейнштейна [15]:

$$\frac{v_1}{v_2} = \left(1 + 0,5 \frac{\Phi}{1-\Phi}\right) \left(1 + a \frac{\Phi}{1-\Phi} + b \frac{\Phi^2}{(1-\Phi)^2} + \dots\right), \quad (6)$$

де:  $v$  – в'язкість дисперсної системи;  $v_1$  – в'язкість дисперсійного середовища;  $\Phi$  – відношення об'єму дисперсної фази до загального об'єму дисперсної системи.

По мірі підвищення нагріву системи внаслідок утворення рідких (мезофаза) та твердих агрегованих частинок, збільшення відношення  $V_{д.ф.} / V_{д.с.}$  та зниження атомного відношення Н/С отримується в'язка, пластична та еластична маса, в якій частинки ще не з'єднані одна з одною.

При подальшому підвищенні температури проходить встановлення хімічних зв'язків між частинками з утворенням твердої фази. В даному випадку міжчасткові прошарки рідини поступово щезають, що призводить до зростання надмолекулярних структур та частинок металевого порошку, що утримуються з їх допомогою в об'ємі системи, зникненню тиксотропії, властивості коагуляційним структурам, зростанню міцності контактних взаємодій і отримання високоміцної системи з рівномірно розподіленими в об'ємі вуглецевої матриці частинами металевого порошку.

### Висновки.

Розроблені прилад та методики, що дозволяють оцінити ступінь однорідності ВМК по рівномірності розподілу частинок металевого порошку в об'ємі вуглецевої матриці.

Для оцінки однорідності ВМК запропоновано використовувати показник неоднорідності.

Розробка даного приладу дозволила значно спростити процес дослідження шляхів отримання однорідних ВМК – сировини для синтезу алмазів.

Розроблені методи регулювання однорідності ВМК, що ґрунтуються на:

- збільшенні структурно-механічної міцності та в'язкості системи;
- створенні активних динамічних перешкод на шляху седиментації металічних частинок.

Проведені експерименти показали доцільність регулювання однорідності вуглець-металевих композиційних систем, одержуваних коксуванням нафтової сировини, шляхом введення добавки лігніну.

Запропонований спосіб утилізації гідролізного лігніну дозволяє не тільки значно зменшити кількість відходів, але і зекономити частину дорогої нафтової сировини.

### Список літератури

1. Холькин Ю. И. Технология гидролизных производств / Ю. И. Холькин. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 496 с.
2. Грибков И. В. Химический состав и строение технического гидролизного лигнина: дис... канд. тех. наук: 05.21.03 / Грибков Иван Владимирович. – С.-Пб., 2008. – 142 с.
3. Чудаков М. И. Промышленное использование лигнина / М. И. Чудаков. – М.: Лесная промышленность, 1983. – 200 с.
4. Арбузов В. В. Композиционные материалы из лигниновых веществ / В. В. Арбузов. – М.: Экология, 1991. – 208 с.
5. Дворкин Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2007. – 368 с.
6. Сушкова В. И. Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества / В. И. Сушкова, Г. И. Воробьева. – М.: ДеЛи принт, 2008. – 216 с.
7. Симонова В. В. Методы утилизации технических лигнинов / В. В. Симонова, Т. Г. Шендрик, Б. Н. Кузнецов // Журнал Сибирского федерального университета. Химия. – 2010. – Т. 3, № 4. – С. 340 – 354.
8. Малько Д. Б. Способы совершенствования технологии объемно-армированных углерод-углеродных композиционных материалов: дис... канд. тех. наук: 05.17.11 / Малько Дмитрий Борисович. – М., 2000. – 178 с.
9. Бушув В. М. Технологические основы изготовления герметичных конструкций из углерод-углеродных композиционных материалов: дис... канд. тех. наук: 05.16.06 / Бушув Вячеслав Максимович. – Пермь, 2011. – 175 с.
10. Довыденков В. А. Исследование и создание композиций на основе порошков металлов, их оксидов и углерода для получения фасонных заготовок с заданными свойствами: дис... докт. тех. наук: 05.02.01 / Довыденков Владислав Андреевич. – М., 2009. – 296 с.
11. Бобичев А. В. Совершенствование технологии производства синтетических алмазов из нефтяного сырья: дис... канд. тех. наук: 05.17.07 / Бобичев Андрей Владимирович. – М., 2000. – 117 с.
12. Физико-химические свойства нефтяных дисперсных систем и нефтегазовые технологии / под. ред.: Р. З. Сафиева, Р. З. Сюняев. – Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007. – 580 с.
13. Грушова Е. И. Исследование свойств нефтяных дисперсных систем / Е. И. Грушова, А. О. Шрубок, А. И. Юсевич // Труды БГТУ. Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2009. – Т. 1, № 4. – С. 58 – 60.
14. Дерягин Б. В. Адгезия твердых тел / Б. В. Дерягин, М. А. Кротова, В. П. Смилга. – М.: Наука, 1973. – 280 с.
15. Бородин А. Н. Справочник по Броуновскому движению: факты и формулы / А. Н. Бородин, П. Салминен; [пер. с англ. А. Н. Бородина]. – С.-Пб.: Лань, 2000. – 639 с.

### References (transliterated)

1. Holkin J. I. *Tehnologiya gidroliznykh proizvodstv* [Technology of hydrolysis productions]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1989, 496 p.
2. Gribkov I. V. *Himicheskij sostav i stroenie tehničeskogo gidroliznogo lignina: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Chemical composition and structure of technical hydrolytic lignin. Candidate techn. sci. diss.]. Saint-Petersburg, 2008, 142 p.
3. Chudakov M. I. *Promyshlennoe ispol'zovanie lignina* [Industrial use of lignin]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1983, 200 p.
4. Arbuзов V. V. *Kompozicionnye materialy iz ligninnykh veshhestv* [Composite materials from lignin substances]. Moscow, Ecology Publ., 1991, 208 p.
5. Dvorkin L. I., Dvorkin O. L. *Stroitel'nye materialy iz othodov promyshlennosti* [Building materials from industrial wastes]. Rostov-on-Don, Feniks Publ., 2007, 368 p.
6. Sushkova V. I., Vorobyova G. I. *Bezohtodnaya konversiya rastitel'nogo syr'ja v biologicheski aktivnye veshhestva* [Wasteless conversion of plant raw materials into biologically active substances]. Moscow, DeLi print Publ., 2008, 216 p.
7. Simonova V. V., Shendrik T. G., Kuznetsov B. N. *Metody utilizacii tehničeskikh ligninov* [Methods of utilization of technical lignins]. *Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Himiya* [SibFU Journal. Chemistry]. 2010, Vol. 3, No 4, pp. 340 – 345.
8. Malko D. B. *Sposoby sovershenstvovaniya tehnologii obemno-armirovannykh uglerod-uglerodnykh kompozicionnykh materialov: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Methods of improving the technology of bulk-reinforced carbon-carbon composite materials. Candidate techn. sci. diss.]. Moscow, 2000, 178 p.
9. Bushuev V. M. *Tehnologicheskie osnovy izgotovleniya germetichnykh konstrukcij iz uglerod-uglerodnykh kompozicionnykh materialov:*

- dis. ... kand. tekhn. nauk* [Technological fundamentals of manufacturing sealed structures from carbon-carbon composite materials. Candidate techn. sci. diss.]. Perm, 2011, 175 p.
10. Dovydenkov V. A. *Issledovanie i sozdanie kompozicij na osnove poroshkov metallov, ih oksidov i ugleroda dlja poluchenija fazonnyh zagotovok s zadannymi svojstvami: dis. ... d-ra tekhn. nauk* [Research and creation of compositions based on metal powders, their oxides and carbon to produce shaped blanks with specified properties. Dr. techn. sci. diss.]. Moscow, 2009, 296 p.
  11. Bobichev A. V. *Sovershenstvovanie tehnologii proizvodstva sinteticheskikhalmazov iz nefljanogo syr'ja: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Perfection of technology for the production of synthetic diamonds from petroleum raw materials Candidate techn. sci. diss.]. Moscow, 2000, 117 p.
  12. Safieva R. Z., Syunyaev R. Z., (eds.); *Fiziko-himicheskie svojstva nefljanых dispersnyh sistem i neftegazovye tehnologii* [Physico-chemical properties of oil dispersed systems and oil and gas technologies]. Moscow – Izhevsk, Institut komp'juternyh issledovanij, NIC "Reguljarnaja i haoticheskaja dinamika" Publ., 2007, 580 p.
  13. Grushova E. I., Shrubok A. O., Yusevich A. I. *Issledovanie svojstv nefljanых dispersnyh sistem* [Investigation of the properties of oil dispersed systems]. *Trudy BGTU. Himiya, tehnologiya organicheskikh veshhestv i biotehnologiya* [Proceedings of BSTU. Chemistry, Organic Substances Technology and Biotechnology], 2009, Vol. 1, No 4, pp. 58 – 60.
  14. Deryagin B. V., Krotova M. A., Smilga V. P. *Adgeziya tverdyh tel* [Adhesion of solids]. Moscow, Nauka Publ., 1973, 280 p.
  15. Borodin Andrej N., Salminen Paavo *Handbook of Brownian motion: facts and formulae*. Basel – Boston – Berlin: Birkhauser Publ., 1996, 465 p.

*Надійшла (received) 03.12.17*

*Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions*

**Утилізація гідролізного лігніну в якості структурируючої добавки при виготовленні вуглець-металевих композиційних систем / І. В. Хитрова, Т. Б. Новожилова // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 49 (1270). – С. 79 – 85. – Бібліогр.: 15 назв. – ISSN 2079-0821.**

**Утилизация гидролизного лигнина в качестве структурирующей добавки при приготовлении углерод-металлических композиционных систем / И. В. Хитрова, Т. Б. Новожилова // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 49 (1270). – С. 79 – 85. – Бібліогр.: 15 назв. – ISSN 2079-0821.**

**Utilization of Hydrolytic Lignin as a Structuring Additive in the Preparation of Carbon-Metal Composite Systems / I. V. Hitrova, T. B. Novozhylova // Bulletin of NTU "KhPI". – Series: Chemistry, Chemical Engineering and Ecology. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2017. – No 49 (1270). – P. 79 – 85. – Bibliogr.: 15 names. – ISSN 2079-0821.**

*Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Хитрова Ірина Володимирівна** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології; тел.: (050) 28-54-537; e-mail: khitrovairina73@gmail.com

**Хитрова Ірина Владимировна** – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры химической техники и промышленной экологии; тел.: (050) 28-54-537; e-mail: khitrovairina73@gmail.com

**Hitrova Irina Volodimirivna** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D), Associate Professor, National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of Chemical Engineering and Industrial Ecology; tel.: (050) 28-54-537; e-mail: khitrovairina73@gmail.com

**Новожилова Тетяна Борисівна** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології; тел.: (067) 580-0-860; e-mail: brina.tanya2@gmail.com

**Новожилова Татьяна Борисовна** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры химической техники та промышленной экологии; тел.: (067) 580-0-860; e-mail: brina.tanya2@gmail.com

**Novozhylova Tetiana Borisovna** – National Technical University "Kharkov Polytechnic Institute", Associate Professor at the Chemical Engineering and Industrial Ecology; tel.: (067) 580-0-860; e-mail: brina.tanya2@gmail.com