



Редакційна колегія

Головний редактор

Дмитріков Валерій Павлович, доктор технічних наук,
професор, Полтавська державна аграрна академія

Заступник головного редактора

Дудніков Анатолій Андрійович, кандидат технічних наук,
професор, Полтавська державна аграрна академія

Відповідальний секретар

Біловод Олександра Іванівна, кандидат технічних наук,
доцент, Полтавська державна аграрна академія

Економічні науки

Аранчій Валентина Іванівна, кандидат економічних наук,
професор, Полтавська державна аграрна академія

Захарчин Галина МIRONIVNA, доктор економічних наук,
професор, Національний університет «Львівська політехніка»

Крикавський Євген Васильович, доктор економічних наук,
професор, Національний університет «Львівська політехніка»

Лозинська Тамара Миколаївна, доктор наук з державного
управління, професор, Полтавська державна аграрна академія

Макаренко Петро Миколайович, доктор економічних наук,
професор, Полтавська державна аграрна академія

Окищенко Світлана Петрівна, доктор економічних наук,
професор, Одеський національний морський університет

Плаксієнко Валерій Якович, доктор економічних наук,
професор, Полтавська державна аграрна академія

Waldemar Izdebski, доктор економических наук, профессор,
Варшавський технічний університет, Польща

Технічні науки

Акімов Олег Вікторович, доктор технічних наук, професор,
Національний технічний університет «Харківський політехнічний
інститут»

Афтаназів Іван Семенович, доктор технічних наук,
професор, Національний університет «Львівська політехніка»

Горик Олексій Володимирович, доктор технічних наук,
професор, Полтавська державна аграрна академія

Дудніков Ігор Анатолійович, кандидат технічних наук,
доцент, Полтавська державна аграрна академія

Кац Марк Давидович, доктор технічних наук, професор,
Східноукраїнський національний університет ім. В. І. Дала

Мальований Мирослав Степанович, доктор технічних наук,
професор Національний університет «Львівська політехніка»

Смердов Андрій Андрійович, доктор технічних наук,
професор, Полтавська державна аграрна академія

Старчевський Володимир Людвикович, доктор технічних
наук, професор Національний університет «Львівська політехніка»

Тіщенко Леонід Миколайович, доктор технічних наук,
професор, Харківський національний технічний університет
сільського господарства ім. Петра Василенка

Засновники

Полтавська державна аграрна академія
ПП «Технологічний Центр»

Верстка: Т. Є. Сергієнко

Рекомендовано Вченою Радою
Полтавської державної аграрної академії
Протокол № 7 від 28.03.2012

Свідоцтво про державну реєстрацію журналу
Серія КВ № 18226-7026Р

Адреса редакції та видавництва
Україна, 61145, м. Харків, вул. Новгородська, 3а, Технологічний Центр
Тел.: +38 (057) 750-89-90. **E-mail:** c7508990@gmail.com

Підписано до друку 30.04.2012. Формат 60x84 1/8
Ціна договірна. Наклад 300 прим.

Часткове або повне тиражування в будь-який спосіб матеріалів, що надруковані
в цьому виданні, дозволяється тільки за наявності письмової згоди редакції

Підписка

Оформлюється через редакцію
Тел.: +38 (057) 750-89-90. **E-mail:** c7508990@gmail.com

- 3** Інноваційні технології водопідготовки для інтенсифікації росту сільськогосподарських культур
Шевчук Л. І., Старчевський В. Л., Афтаназів І. С., Коваль І. З., Строган О. І.
- 9** Математична модель оперативного управління режимами роботи системи водовідведення населених пунктів
Дмитрієва О. О., Тертичний О. Л., Хоренжия І. В.
- 14** Використання нових видів мінеральної сировини України в технології керамічних виробів з покриттями
Захаров А. В.
- 17** Розробка інноваційних ресурсозберігаючих технологій утилізування нафтовміщуючих відходів
Зеленько Ю. В., Безовська М. С., Лещинська А. Л.
- 21** Переваги використання каскадних схем та дозуючих шестеренних насосів при екструзії полімерів
Швед М. П., Швед Д. М., Луценко І. В., Богатир А. С.
- 25** Високотемпературні процеси фазоутворення в системі «цемент «Богкал-70» — мікрокремнезем»
Онасенко Ю. А., Пісчанська В. В.
- 29** Вплив механічної активації на процеси тверднення та властивості вогнетривкого бетону
Пісчанська В. В., Макарова Г. С., Голуб І. В.
- 33** Оптимізація внутрішнього психологічного клімату проектних команд як шлях підвищення конкурентоздатності підприємства
Філатов А. С., Хрутьба В. О.

СОДЕРЖАНИЕ



РЕЗЕРВЫ ПРОИЗВОДСТВА

- 3** Инновационные технологии водоподготовки для интенсификации роста сельскохозяйственных растений
Шевчук Л. И., Старчевский В. Л., Афтаназив И. С., Коваль И. З., Строган О. И.
- 9** Математическая модель оперативного управления режимами работы системы водоотведения населенных пунктов
Дмитриева Е. А., Тertychnyi O. Л., Хоренжая И. В.
- 14** Использование новых видов минерального сырья Украины в технологии керамических изделий с покрытиями
Захаров А. В.
- 17** Разработка инновационных ресурсосберегающих технологий утилизации нефтесодержащих отходов
Зеленко Ю. В., Безовская М. С., Лещинская А. Л.
- 21** Преимущества использования каскадных схем и дозирующих шестеренных насосов при экструзии полимеров
Швед Н. П., Швед Д. Н., Луценко И. В., Богатырь А. С.
- 25** Высокотемпературные процессы фазообразования в системе «цемент «Gorkal-70» — микрокремнезем»
Онасенко Ю. А., Песчанская В. В.
- 29** Влияние механической активации на процессы твердения и свойства огнеупорного бетона
Песчанская В. В., Макарова А. С., Голуб И. В.
- 33** Оптимизация внутреннего психологического климата проектных команд как путь повышения конкурентоспособности предприятия
Филатов А. С., Хрутьба В. А.

CONTENTS



PRODUCTION RESERVES

- 3** Innovative technologies of water treatment for intensification of crop growth
Shevchuk L., Starchevskyy V., Aftanaziv I., Koval I., Strogan O.
- 9** Mathematical model of operational control of modes of drainage system in settlements
Dmitrieva E., Tertychnyi O., Korenzhaya I.
- 14** The use of new types of mineral raw Ukraine in technology ceramic articles with coated
Zakharov A.
- 17** Development of innovative resource-saving technologies of utilization of the oil containing wastes
Zelen'ko Y., Bezov's'ka M., Leshchyns'ka A.
- 21** Advantages of use of cascade schemes and metering gear pumps when extruding polymers
Shwed N., Shwed D., Lutsenko I., Bogatyr A.
- 25** High temperature processes of phase formation in the system «cement «Gorkal-70» — microsilica»
Onasenko J., Peschanskaya V.
- 29** Influence of mechanical activation on curing processes of refractory concrete and its properties
Peschanskaya V., Makarova A., Golub I.
- 33** Optimization of internal psychological climate of project teams as a way to increase the competitiveness of an enterprise
Filatov A., Khrutba V.



Шевчук Л. І.,
Старчевський В. Л.,
Афтаназів І. С.,
Коваль І. З.,
Строган О. І.

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВОДОПІДГОТОВКИ ДЛЯ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ РОСТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Запропонована нова технологія водопідготовки для поливу та зрошування сільськогосподарських культур, яка базується на кавітаційній обробці води. Приведено опис високопродуктивного низькочастотного вібраційного кавітатора для кавітаційної обробки води, результати експериментальних досліджень впливу активованої кавітацією води на пророщування та ріст бобових та зернових.

Ключові слова: вода, рослини, полив, активація, кавітація.

1. Вступ

Загальновідомо, що поряд із властивостями посівного матеріалу і ґрунтів, якістю та хімічним складом мінеральних добрив не менш вагоме значення для росту та опірності несприятливим погодним умовам сільськогосподарських рослин та культур має і використовувана для їх поливу та зрошування вода. Саме наявна навколо зерна або корінця вода пом'якшує та зволожує ґрунт, полегшуючи умови для формування розвинутої кореневої системи рослини, вимиває із ґрунту, розчиняє і спрямовує до корінців необхідні для росту та життєдіяльності сполуки і мінерали, до того ж у легко засвоєному розчиненому стані. Вода є і основним джерелом капілярного транспортування від кореневої системи рослин до стебел та їх розгалужень певних поживних речовин, постачальником основних «будівельних матеріалів» для росту та формування стебла рослини, його відгалужень або крони, плодів.

Саме ці чинники обумовлюють виключно вагому роль кількості та якості води, у тому числі і води поливу, для проростання, росту та плодючості рослин. Тому поряд із твердістю та кислотністю води, її насиченістю мінералами тощо, не менш вагоме значення має і безпосередньо структура води, яка є визначальною для певних її властивостей та розчинної здатності.

Відомим є і той факт, що найрозповсюдженішими є два різновиди структурної будови води у її рідкому стані, а саме кластерна та мономолекулярна. Мономолекулярна структура води притаманна джерельній воді, талій воді льодовиків та снігових покривів високогірних масивів, воді гірських річок на їх високогірних ділянках, зрідка воді артезійних свердловин та дощовій воді на окремих екологічно чистих масивах. Решта водам, а особливо воді міських водогонів, переважно властива кластерна структурна будова. Структурна будова води не є усталеною, вона може видозмінюватися, переходячи із одного стану в інший. Правда, у природі повсемісно швидко зустрічається перехід води від мономолекулярного стану до кластерного, а зворотній процес якщо і відбувається, то дуже довготривало у часі.

Наприклад, джерельна вода у мономолекулярному стані, перемішуючись із брудними потоками річкової

або транспортуючись трубами водогонів, кластерної будови набуває. А от зворотній процес у природі (від кластерної до мономолекулярної) можливий виключно через тривалий природний кругообіг води, що включає її природне випаровування, повернення із дощами на Землю, просякання в товщі Земної кори і знову вихід на її поверхню джерельною водою. Підкреслимо, що тут йдеться про прісну питну та побутову, включно із дощовою, воду, яку в переважаючій більшості використовують для поливу рослин.

А поряд з тим відомо, що саме у мономолекулярному стані воді властиві найкраща розчинна здатність та проникність і зумовлена цим засвоєваність живими організмами та рослинами. Саме тому в етносі, опираючись на багатовіковий досвід, закономірно і приписують цілющі властивості джерельній воді, тобто воді у мономолекулярному стані. Отже, зрошування і полив сільськогосподарських культур водою у мономолекулярному стані певною мірою, за аналогічних інших умов, може забезпечувати суттєво вищу їх врожайність. Тому актуальними залишаються дослідження, спрямовані на вдосконалення технологічних процесів водопідготовки води для зрошування та поливу сільськогосподарських культур з метою підвищення їх врожайності та опору несприятливим погодним умовам.

Метою даного дослідження є розробка технологічного обладнання для покращення якості та споживчих властивостей води, використовуваної для поливу та зрошування сільськогосподарських рослин та культур.

Об'єктом та предметом дослідження були технологічні операції водопідготовки та водоочищення, промислове та дослідне обладнання для активації води, кінетичні закономірності енергетичного впливу на оброблювану воду кавітаційних процесів.

Методики дослідження — мікроскопування зразків дослідної води, рН-метрія водних розчинів, швидкісна відеозйомка для дослідження динаміки елементів приводу та збурювачів кавітації віброрезонансних кавітаторів.

2. Аналіз попередніх досліджень

У силу виключної вагомості води не тільки для людства, а і для всього суцього на Землі, із поміж

величезної кількості наукових досліджень динаміки рідинних потоків, впливів на властивості води хімічних та фізичних чинників тощо, ряд наукових робіт було спрямовано і на дослідження методів та чинників впливів на структурну будову води та її видозміни. Цілеспрямовані зміни структури води та її властивостей було названо «реструктуризацією та активацією води» і встановлено, що найдієвішими методами здійснення цих змін є так звані фізико-механічні методи.

Автори робіт [1, 2] відзначають, що у загальному, всі фізико-механічні впливи на воду з метою покращення її властивостей зводяться до, так званого явища «активації» води, яке супроводжується, як правило, зміною її структури, підвищенням розчинної здатності та зумовленої цим спроможності до ініціювання хімічних реакцій, перш за все окиснювальних. Фізична суть активації води, незалежно від способу активації, полягає в руйнуванні кластерних структур для насичення води мономолекулами. Адаже у переважаючій більшості, вода — це асоційована рідина, у якій молекули об'єднані в групи, схожі на аморфні кристали, що називаються кластерами, і окремих молекул води тут практично немає. А саме в мономолекулярному стані воді притаманна підвищена хімічна активність, розчинна здатність та проникність. Відомо багато способів насичення води мономолекулами, наприклад, нагрів води до початку дегазації, так званий, «білий окріп» з наступним швидким охолодженням; вплив ультразвуком значної інтенсивності, гідрокатавітацією, магнітним полем, електроіскровою обробкою тощо. В усіх цих випадках, завдяки потужному енергетичному впливу на воду формується нова її структура, в якій міститься переважна більшість молекул у вільному (незв'язаному) стані. У роботах [1, 3] відзначено, що активована вода, завдяки послабленню енергії водневих зв'язків між молекулами та збільшенню рухливості молекул, за здатністю до дисоціації наближається до апротонних розчинників.

Із-поміж їх багаточисельної групи методів активації води найпридатнішими, на наш погляд, для поливу та зрошування рослин видаються методи магнітної [1, 3] та кавітаційної [2, 4] обробки води. Як у першому, так і у другому випадках під дією перемінного магнітного або інтенсивного кавітаційного полів стрімко наростає розчинна здатність та проникність води, можуть змінюватися її в'язкість та величина поверхневого натягу, покращується засвоюваність живими організмами та рослинами.

Схожі процеси відбуваються також під дією миттєвих спалахів вивільненої при схлопуванні кавітаційних бульбашок потужної енергії, які руйнують кластерні блоки молекул води, трансформуючи їх до мономолекулярного стану під час кавітаційної обробки. Однак, на відміну магнітній активації води, покращення властивостей якою нетривале у часі, що не виключено, зумовлено дією магнітних полів Землі, активована та реструктуризована кавітаційною обробкою вода зберігає свої покращені властивості впродовж тривалих періодів часу, залежних від умов зберігання.

3. Виклад основного матеріалу

Із відомих методів збурення кавітаційних полів найбільшого розповсюдження набули ультразвуковий та гідродинамічний методи [5–10]. Суть ультразвуково-

вого полягає у застосуванні коливань ультразвукової частоти для створення умов росту ядер кавітації, якими являються завжди наявні в рідині різноманітні газові включення. Співпадіння частоти власних коливань ядер кавітації із частотою ультразвуку збуджує явище резонансу, яке супроводжується миттєвим розширенням з подальшим сплескуванням кавітаційних бульбашок. Миттєво з'єднуючись між собою ударні хвилі сусідніх сплеснутих кавітаційних бульбашок формують у невеликому об'ємі доволі потужне енергетичне поле [1]. Як наслідок — забезпечення суттєвої інтенсифікації цілої низки хімічних реакцій, у тому числі окисних і, відповідно, пов'язаних з цим процесів очищення, в тому числі і водоочищення та знезараження води від біологічних забруднень. Більше того, за певних режимів озвучування стосовно води забезпечується не тільки зміна її фізичних властивостей, а й реструктуризація, що суттєво впливає на її споживчі властивості.

Однак, проходження ультразвуку крізь рідину супроводжується значними втратами енергії акустичних хвиль, зумовленими розсіюванням ультразвуку на неоднорідностях багатофазного середовища. Тому збурення кавітаційних явищ ультразвуком ефективно лише у незначних об'ємах рідини (як правило до 500 см³), енергозатрати на обробку одиниці об'єму рідини доволі суттєві, що практично унеможливує на даний час широке промислове використання ультразвукової кавітації, у тому числі і для зрошування та поливу сільськогосподарських культур, обмежуючи сферу її застосування переважно лабораторними дослідженнями.

Загалом, гідродинамічні методи збурення кавітації поділяють на методи статичного збурення завдяки змінам динаміки струменя рідини та динамічного збурення кавітації, здійснюваного переміщенням у струменях рідин твердих тіл (обертючих та віброуючих лопатей, крильчаток тощо) і приналежного до так званих механічних методів. На відміну ультразвукової кавітаційної обробки, гідродинамічним кавітаторам притаманна висока продуктивність [3]. Однак, інтенсивність формованого кавітаційного поля тут незначна, суттєво поступається ультразвуковій, не забезпечує належного рівня реструктуризації оброблюваної води. Це і стає на заваді використанню гідродинамічної кавітаційної водопідготовки для вирощування сільськогосподарської продукції.

Створений в Національному університеті «Львівська політехніка» метод низькочастотної віброрезонансної кавітаційної обробки рідин органічно поєднує високу продуктивність із значною інтенсивністю кавітаційного поля, що відкриває перспективу успішного використання його і для таких високвитратних процесів, як водопідготовка для поливу та зрошування. Обладнання для його реалізації просте за своєю конструктивною будовою, довговічне і надійне в експлуатації, порівняно дешеве і високопродуктивне, що створює передумови для використання його як у дрібних фермерських господарствах, так і в потужних сільськогосподарських комплексах.

Метод низькочастотної віброрезонансної кавітаційної обробки рідин базується на збуренні кавітаційних полів віброуючими в них збудювачами кавітації, коливання яких відбувається в діапазоні резонансних частот, кратних власним частотам коливань наявних у рідинах зародків кавітації [11]. Завдяки резонансу енергозатрати на збурення інтенсивних кавітаційних полів тут зведено до мінімуму, а обробка рідин може

здійснюватись при подачі під тиском, що стрімко нарощує її продуктивність.

Для високопродуктивної кавітаційної обробки води для різноманітних господарських потреб, у тому числі і для поливу та зрошування сільськогосподарських культур, авторами створено низькочастотний резонансний віброкавітатор, світлина якого відображена на рис. 1. Суттєвою перевагою даного кавітатора є те, що він забезпечує якісну кавітаційну обробку рідин під тиском до $2,0 \text{ кг/см}^2$, у результаті якої суттєво (до $1,5\text{--}2,0 \text{ м}^3/\text{год.}$) зростає його продуктивність і декілька паралельно з'єднаних кавітаторів спроможні забезпечити обробку таких значних обсягів води, які достатні для поливів та зрошування рослин, навіть, на великих площах.



Рис. 1. Світлина низькочастотного електромагнітного кавітатора резонансного типу для кавітаційної обробки води для поливу за зрошування сільськогосподарських культур (із частково знятими захисними елементами кожуха)

Основними вузлами низькочастотного вібраційного електромагнітного кавітатора для кавітаційної обробки води є робоча камера із симетричними фланцями, до яких приєднано два циліндричні корпуси із патрубками подачі оброблюваної води. В середині кожного циліндричного корпусу розміщені статор із обмоткою та якорь електромагнітів приводу, які до робочої камери приєднано за допомогою фланця із центральним отвором для переміщення штока якоря електромагніту. Між якорем та статором електроприводу встановлено виготовлену із пружного матеріалу мембрану, яка забезпечує коливання якоря із приєднаним до нього штоком з амплітудою до $3,5\text{--}4,0 \text{ мм}$. На штоках якорів електромагнітів закріплено деки-збурювачі кавітації, плоска або конічна поверхня яких пронизана отворами для перетікання оброблюваної води. Робоча камера оснащена патрубками для подачі та відводу оброблюваної води, супутніх обробці газів або повітря (у випадку технологічної потреби). Кавітатор із міркувань техніки безпеки закрито захисними кожухами, які встановлено на опорах. Приймаючи до уваги, що у кавітаторах даного типу відсутні пружні підвіски резонансного налаштування, у електричну схему живлення їх електромагнітів приводу включено регулятор частоти напруги моделі AFC-120, який дозволяє плавним регулюванням змінювати частоту притягування якоря електромагніту до його статора, змінюючи тим самим частоту коливань прикріплених до штока якоря дек-збурювачів кавітації.

Внаслідок цього, в процесі обробки рідин на даному кавітаторі є можливість плавно наблизити частоту вібра-

цій коливних дек до частот, кратних частотам коливань наявних у оброблюваних рідинах зародків кавітації, тобто максимально наблизити роботу кавітатора до резонансних режимів. Адже саме резонансним режимам властиве мінімальне споживання енергії приводом, максимальні значення коефіцієнтів їх корисної дії.

Для пониження вібрацій, що можуть передаватись від коливних частин кавітатора на несучі опори та поруч облаштоване устаткування, симетрично розташованим у циліндричних корпусах якорям електромагнітів приводу надають синхронних протифазних коливань. Досягають цього відповідним підключенням до мережі живлення обмоток статорів електромагнітів. При цьому, сили реакцій коливних переміщень обох якорів, будучи синхронними та протилежно направленими, через робочу камеру та циліндричні корпуси взаємно погашають та нівелюють одна одну, зводячи до мінімуму передачу вібрацій на основу.

Визначивши оптимальні режими роботи кавітатора, на пульті його керування встановлюють необхідний діапазон частот змін напруги живлення електромагнітів приводу, патрубками через регульовальні дроселі подають у робочу камеру кавітатора оброблювану воду та здійснюють її обробку впродовж певного рекомендованого для конкретних рослин часу. До складу технологічної схеми водопідготовки тут включено резервуар технологічної підготовки оброблюваної води (наприклад, її фільтрації від механічних домішок), насоси для створення тиску води та резервуар для відстоювання та накопичення обробленої води. До кавітатора це технологічне обладнання під'єднано трубопроводами, які оснащено регульовальними дроселями. Проходячи повз електроприводи оброблювана вода охолоджує корпуси статорів із обмотками електромагнітів. Потреба у цьому зумовлена тим, що індукване обмотками статорів змінне магнітне поле невпинно нагріває корпуси електроприводів, понижуючи їх коефіцієнт корисної дії та провокуючи небезпеку короткого замикання дроту витків обмоток. Тут до речі, вода додатково піддається інтенсивній магнітній активуючій обробці.

Кавітаційна обробка води водних розчинів, в залежності від технологічних вимог, тут може здійснюватись у неперервному режимі або дискретно у замкнутому технологічному циклі.

Певним підтвердженням покращення властивостей води в результаті її кавітаційної обробки на низькочастотних віброрезонансних кавітаторах є і результати досліджень впливу цієї води на швидкості пророщування та росту рослин. Авторами було проведено низку експериментів щодо дослідження впливу якості води на пророщування та ріст бобових, зернових культур, пасльонових та кімнатних рослин. Представником бобових культур було обрано квасолю (квасоля звичайна — *Phaseolus vulgaris*), зернових культур — зерно пшениці (*triticum vulgaris*), пасльонових — помідори (*tomato*). Піддослідною кімнатною рослиною було обрано розсаду квіткової рослини, широко розповсюдженої під назвою «в'юнок» («Кручені паничі — *flores torqueri Panich*»), характерною особливістю якої є загальновідома висока швидкість проростання та росту. У відповідності загально прийнятним методикам, квасолю та зерна пшениці пророщували, висіявши їх на зволожену водою вату в скляних емностях, пророслі зерна помідорів висаджували у відповідний зобрений для проростання пасльонових

грунт, посівний матеріал (зернята) кімнатної рослини висаджували в спеціальний «квітковий» ґрунт, а далі досліджували вплив якості води на їх ріст. На відміну іншим піддослідним рослинам, ємності з квасолинами із пророслими на 2,5–3,0 см пагонами (приблизно за тиждень від початку поливу) наповнювали просіяною землею для садових саджанців, вкривши квасолини земельним прошарком товщиною 1,0–1,5 см.

У кожній із досліджуваних партій рослин обирали однакову кількість пророщуваного матеріалу і для всіх пробних партій пророщуваних рослин експерименти проводили в абсолютно ідентичних умовах у закритому добре провітрюваному приміщенні та при сталій температурі 20–22 °С. Двічі на добу о 8 год. ранку та о 20 год. вечора піддані експерименту поливали водою, у кількостях, рекомендованих для кожного із їх різновидів стандартами на вирощування сільськогосподарської рослинної продукції. Відмінність полягала лише у різновиді використовуваної для поливу води — для контрольних партій рослин при поливі використовували звичайну відстояну водопровідну воду при температурі 16–18 °С, для піддослідних — аналогічну воду, піддану кавітаційній обробці впродовж 15 хв. на дослідному низькочастотному вібраційному кавітаторі, відображеному на рис. 1. Для усунення фактору випадковості досліди повторювали тричі, опосередковуючи їх дані та не приймаючи до розгляду пікові найкращі та найгірші результати.

Результати експериментальних досліджень подано на рис. 2, а–в, де відображено світліни пророслих квасолі (рис. 2, а, б — на 5-тий (а) та 15-тий (б) дні після висаджування), зерен пшениці (рис. 2, в, г — на 15-тий день після висаджування) та кімнатної рослини «в'юнок» (рис. 2, д, е — на 25-тий день після висаджування). В результаті даного експериментального дослідження було встановлено наступне:

1) суттєвого впливу на тривалість початкової стадії пророщування, яку характеризує етап появи на зернах проросткових пагонів для пшениці і квасолі та появу над рівнем землі пагонів помідорів і кімнатної рослини «в'юнок» стан досліджуваної води (звичайна або кавітаційно оброблена) немає. Для всіх досліджуваних партій рослин відсоток пророслих зерен був приблизно сталим для конкретного виду рослин і незалежним від різновиду використовуваної для поливу води;

2) швидкість росту пагонів пророслих рослин суттєво залежна від стану води. Перш за все, незалежно від різновиду досліджуваних рослин швидкість їх росту при поливі кавітаційно обробленою водою суттєво перевищує швидкість росту при поливанні звичайною водою. По-друге, різниця швидкості росту залежна від різновиду рослинних культур і наростає в міру збільшення тривалості поливу.

Поясненням цим явищам необхідно, вважати наступне. За однакових умов (температури, вологості тощо) відсоток пророщування досліджуваних культур більшою мірою залежний від умов попереднього зберігання посівного матеріалу та просто наявності достатньої кількості вологи. Наявність відповідних температури та вологи тут лише стимулює сам етап проростання зерна і якість води тут суттєвої ролі не відіграє. Вагомий лише чинник її достатньої наявності.

В міру того, як у процесі проростання пагона зерно або квасолина вичерпують запаси наявних у них

поживних речовин, обростають мікрокореневою системою, на першому місці в схемі живлення пагонів постає періодично подана вода поливу. Оскільки, зерна та квасолини висаджені на зволожену вату і контакт із ґрунтом, який міг би поставляти пагонам необхідні для росту поживні речовини, у них відсутній, виключно вода поливу є джерелом органічного та мінерального живлення пагонів. І саме тут на чільному місці постає якість води поливу.



Рис. 2. Дослідження впливу кавітаційної обробки води на швидкості пророщування та росту рослин: а та б — бобових (квасоля — *Phaseolus*), в та г — зернових (пшениця — *Triticum*); д та е — кімнатних рослин («в'юнок» — *Flores torqueri* Panich)

Оскільки, у даному експерименті основою води поливу в усіх випадках залишалась відстояна водопровідна вода, доречно вважати, що її твердість, кислотність, мінеральні показники залишались однаковими та незмінними. Відмінність полягала лише у структурних властивостях води, зумовлених наявністю або відсутністю її кавітаційної обробки. На світліні (рис. 2, а — ліве відображення) чітко відстежується, що швидкість росту паростків квасолі, яку поливали кавітаційно обробленою водою, впродовж перших двох тижнів поливу в 4–5 рази перевищує швидкість росту паростків, политих звичай-

ною водою (рис. 2,а — праве відображення). Впродовж наступного третього тижня різниця у швидкостях росту дещо знижується, та все ж залишається доволі відчутною в межах 3–3,5 кратного перевищення (рис. 2,б). Тут на світліні за паростками квасолі для наочності розташовано аркуш паперу формату А4.

Суттєво меншою та все ж доволі відчутною є різниця у швидкостях росту пагонів пшениці (рис. 2,в,г). Світліни її пагонів зроблено після тижневого росту і перше, що кидається у вічі — суттєво, приблизно на третину, більша кількість пророслих зерен пшениці, тобто на 25–30 % вища «сходжуваність» тих її зерен, які поливали кавітаційно обробленою водою (ліві відображення на рис. 2,в,г). Приблизно на 35–40 % вищою тут є і швидкість росту пагонів.

Аналогічними зерновим є і дані пророщування кімнатної рослини «в'юнок» (рис. 2,д,е). Полив кавітаційно обробленою водою (рис. 2,д,е — відображення ліворуч) тут на 40–45 % збільшує кількість пророслих пагонів і на 30–35 % пришвидшує швидкість їх росту. Світліни пагонів «в'юнка» виконано після трьохтижневого їх проростання.

Ми схильні тлумачити дану ситуацію стрімкого підвищення швидкості росту пагонів зернових та бобових у результаті їх поливу кавітаційно обробленою водою виключно наслідком зміни безпосередньо самої структури води — її переходом від кластерної будови до мономолекулярної, руйнуванням ланцюгів водневих зв'язків води на молекулярному рівні, зумовлену цим покращену розчинну здатність, а відповідно, і проникність та засвоюваність води живими організмами та рослинами. Зміну структурної будови води під дією кавітації переконливо підтверджують мікрофотографії криогенної кристалографії «роздавленої краплі» звичайної водопровідної води та аналогічної кавітаційно обробленої води [12]. Покращену засвоюваність рослинами, вищу її проникність та здатність до капілярного просочування, а, отже, і зумовлене цим покращене транспортування пагонами необхідних для росту солей та поживних речовин підтверджують дані цього експерименту.

Однак, тенденція покращення проростання та збільшення швидкості росту рослин внаслідок їх поливу кавітаційно обробленою водою не є сталою для всіх без винятку рослин. Так досліди поливу паростків пасльонових (томатів) кавітаційно обробленою водою жодного відчутного результату порівняно із поливом їх звичайною водопровідною водою не дали. Це означає, що кавітаційна обробка води та полив нею рослин потребують ґрунтового дослідження специфічних особливостей конкретних різновидів рослин, зважених підходів до рекомендацій щодо застосування покращеної кавітацією води, а можливо, і експериментальний підбір для кожного із різновидів рослин оптимальних технологічних параметрів кавітаційної водопідготовки. Адже енергетичні затрати на кавітаційну обробку води доволі відчутні, що вимагає вдумливого підходу до рекомендацій щодо її використання для поливу рослин. Тим не менше, проведені дослідження засвідчили значну ефективність використання кавітаційно обробленої води для поливу окремих представників рослинного світу.

Таким чином, результати порівняльних лабораторних досліджень проб води підтверджують високу ефективність віброрезонансної кавітаційної обробки як засобу активної реструктуризації води, у тому числі і міських

водогонів, до стану, наближеного до її мономолекулярної структурної будови. Як наслідок, стрімко наростає очисна здатність такої кавітаційно обробленої води, покращуються її споживчі властивості. Ще вищої ефективності необхідно очікувати від використання такої води для відгодівлі молоді тварин та птиці, однак схожі експериментальні дослідження авторами заплановано на майбутнє.

Запропонована технологія кавітаційної водопідготовки, метою якої є покращення якості води завдяки її активації та реструктуризації, є доволі універсальною і, окрім підготовки води для поливу та зрошування сільськогосподарських культур, може успішно використовуватись для покращення споживчих властивостей води фермерських господарств, зокрема, води ставків, озер та водойм для вирощування риби, на тваринницьких комплексах для вирощування вкрай чутливої до якості води молоді, на фермах для відгодівлі птиці та пушних звірів тощо. Доволі перспективним видається і використання даної прогресивної технології на переробних комплексах харчових продуктів, при консервуванні сільськогосподарської продукції та виготовленні напоїв, зокрема, у пивоварінні, де якість та властивості використовуваної води, поряд із якістю продуктів, є визначальними складовими якості кінцевого продукту харчування. Однак, незаперечно, тут необхідний додатковий комплекс досліджень, спрямованих на вивчення впливу даного методу активації води на здоров'я людей та тварин.

4. Висновки

Експериментальними дослідженнями підтверджено позитивний вплив кавітаційної обробки води на швидкість пророщування та росту зернових і бобових культур та кімнатних рослин. Основною причиною цього є покращення структури води в результаті впливу на неї інтенсивних кавітаційних полів, активація води та її реструктуризація.

Лабораторними дослідженнями структури кавітаційно активованої води, проведеним мікроскопуванням зразків води методом її криоскопічної кристалографії, встановлено, що якість та структурна будова води після її кавітаційної обробки, наближаються до структури джерельної води.

Запропоновані нові конструкції низькочастотних віброрезонансних кавітаторів прості за своєю конструктивною будовою, надійні в експлуатації та, завдяки спроможності до кавітаційної обробки води під тиском, високопродуктивні.

Поряд із підготовкою води для поливу та зрошування сільськогосподарських культур, кавітаційна технологія водопідготовки може застосовуватись у тепличних господарствах при вирощуванні овочів та квітів, у фермерських господарствах і сільськогосподарських комплексах для відгодівлі риби, птиці та тварин, на підприємствах переробки сільськогосподарської продукції.

Література

1. Маргулис, М. А. Основы звукохимии (химические реакции в акустических полях) [Текст] / М. А. Маргулис. — М. : Высш. шк., 1984. — 272 с.
2. Вітенько, Т. М. Гідродинамічна кавітація у масообмінних, хімічних і біологічних процесах: монографія [Текст] / Т. М. Вітенько; Тернопільський держ.-техн. ун-т ім. І. Пулюя. — Тернопіль, 2009. — 224 с.

3. Сілін, Р. І. Властивості води та сучасні способи її очищення [Текст] / Р. І. Сілін, Б. А. Баран, А. І. Гордєєв; Хмельницький нац. ун-т. — Хмельницький: ХНУ, 2009. — 254 с.
4. Патент України № 66323. Пристрій для магнітокавітаційної обробки рідин [Текст] / В. Л. Старчевський, Л. І. Шевчук, І. С. Афтаназів, О. І. Строган, заявл. 11.07.2011; реєстр. номер заявки у 2011 08663, опубл. 26.12.2011, Бюл. № 24.
5. Mason, T. J. Potential uses of ultrasound in the biological decontamination of water [Text] / T. J. Mason, E. Joyce, S. S. Phull, J. P. Lorimer // Ultrasonics Sonochemistry. — 2003. — 6, № 10. — P. 319–323.
6. Kidak, R. Effect of process parameters on the energy requirement in ultrasonical treatment of waste sludge [Text] / R. Kidak, A.-M. Wilhelm, H. Delmas // Chemical Engineering and Process. — 2009. — 48, № 8. — P. 1346–1352.
7. Kumar, P. S. Experimental quantification of chemical effects of hydrodynamic cavitation [Text] / P. S. Kumar, M. S. Kumar, A. B. Pandit // Chemical Engineering Science. — 2000. — № 55. — P. 1633–1639.
8. Ashokkumar, M. Bubbles in an acoustic field: An overview [Text] / M. Ashokkumar, J. Lee, S. Kentish, F. Grieser // Ultrasonics Sonochemistry. — 2007. — 14, № 4. — P. 470–475.
9. Okitsu, K. Acoustic multibubble cavitation in water: A new aspect of the effect of a rare gas atmosphere on bubble temperature and its relevance to sonochemistry [Text] / K. Okitsu, T. Suzuki, N. Takenaka, H. Vandow, R. Nishimura, Y. Maeda // J. Physical Chemistry. — 2006. — 110, № 41. — P. 20081–20084.
10. Gogate, P. R. Cavitation reactors for process intensification of chemical processing applications: A critical review [Text] / P. R. Gogate // Chemical Engineering and Processing: Process Intensif. — 2008. — 47, № 4. — P. 515–527.
11. Патент України № 67504. Спосіб активації води [Текст] / В. Л. Старчевський, Л. І. Шевчук, І. С. Афтаназів, О. І. Строган, заявл. 20.07.2011; реєстр. номер заявки у 2011 09092, опубл. 27.02.2012, Бюл. № 4.
12. Шевчук, Л. І. Вібронезонансна кавітаційна обробка рідинних субстанцій [Текст] / Л. І. Шевчук, І. С. Афтаназів, І. З. Коваль, О. І. Строган // Східно-Європейський журнал передових технологій. — 2012. — № 2/6(56). — С. 17–23.

Строган Оріся Іванівна, інженер 1 категорії, Інститут прикладної математики та фундаментальних наук, кафедра нарисної геометрії і інженерної графіки, Національний університет «Львівська політехніка».

Шевчук Лилія Іванівна, кандидат технічних наук, докторант, Інститут хімії та хімічної технології, кафедра технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка».

Старчевський Володимир Людвігович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, Інститут хімії та хімічної технології, кафедра загальної хімії, Національний університет «Львівська політехніка».

Афтаназів Іван Семенович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, Інститут прикладної математики та фундаментальних наук, кафедра начертальної геометрії та інженерної графіки, Національний університет «Львівська політехніка».

Коваль Ірина Зеновівна, асистент, Інститут хімії та хімічної технології, кафедра загальної хімії, Національний університет «Львівська політехніка».

Строган Оріся Іванівна, інженер 1 категорії, Інститут прикладної математики та фундаментальних наук, кафедра начертальної геометрії та інженерної графіки, Національний університет «Львівська політехніка».

Shevchuk Liliya, National University «Lviv Polytechnic», e-mail: shevchyk_l@yahoo.com.

Starchevskyy Volodymyr, National University «Lviv Polytechnic», e-mail: vstarch@polynet.lviv.ua.

Aftanaziv Ivan, National University «Lviv Polytechnic», e-mail: ivan.aftanaziv@gmail.com.

Koval Iryna, National University «Lviv Polytechnic», e-mail: izkoval@mail.ru.

Strogan Orysia, National University «Lviv Polytechnic».

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОДОПОДГОТОВКИ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РОСТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Предложена новая технология водоподготовки для полива и орошения сельскохозяйственных культур, которая базируется на кавитационной обработке воды. Приведено описание высокопроизводительного низкочастотного вибрационного кавитатора для кавитационной обработки воды, результаты экспериментальных исследований влияния активированной кавитацией воды на проростание и рост бобовых и зерновых.

Ключевые слова: вода, растения, полив, активация, кавитация.

Шевчук Лилія Іванівна, кандидат технічних наук, докторант, Інститут хімії та хімічної технології, кафедра технології органічних продуктів, Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: shevchyk_l@yahoo.com.

Старчевський Володимир Людвігович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, Інститут хімії та хімічної технології, кафедра загальної хімії, Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: vstarch@polynet.lviv.ua.

Афтаназів Іван Семенович, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри, Інститут прикладної математики та фундаментальних наук, кафедра нарисної геометрії і інженерної графіки, Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: ivan.aftanaziv@gmail.com.

Коваль Ірина Зеновівна, асистент, Інститут хімії та хімічної технології, кафедра загальної хімії, Національний університет «Львівська політехніка», e-mail: izkoval@mail.ru.

Дмитрієва О. О.,
Тертичний О. Л.,
Хоренжя І. В.

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ РЕЖИМАМИ РОБОТИ СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Висвітлено питання визначення параметрів роботи системи водовідведення населених пунктів, які забезпечать захист очисних споруд від надходження забруднених вод понад нормативні вимоги. Наведено фрагмент керованого модулю, який призначений для перехоплення вод, у випадку їх значного забруднення. Аналітично визначенні параметри, що характеризують режими наповнення та спорожнення регулюючих ємностей системи захисту очисних споруд.

Ключові слова: система водовідведення; режим роботи; виробничі, побутові, поверхневі та дренажні води.

1. Вступ

Існуючі системи водовідведення населених пунктів (НП) є екологічно небезпечними [1–3]. В [4, 5] показано, що для їх перетворення на екологічно безпечні системи необхідно здійснити ряд заходів, важливим з яких є здійснення управління режимами роботи системи водовідведення при подачі стічних (виробничих, побутових, поверхневих) та дренажних вод на біологічні очисні споруди (БОС) у штатних та аварійних ситуаціях.

2. Аналіз основних досліджень і публікацій

БОС НП України, а отже і поверхневі водні об'єкти, в які скидаються очищені зворотні води з БОС, є беззахисними перед сумішшю аварійних та несанкціонованих скидів виробничих, поверхневих стічних і дренажних вод, забруднених внаслідок аварій і катастроф [6]. Це обумовлено тим, що у водовідвідних мережах України не передбачена система захисту БОС від надходження зворотних вод, забруднених понад нормативні вимоги. В [7] показано, що для подолання цієї проблеми потрібно додавати в існуючі системи водовідведення керованого модулю. При цьому використання модулю визначено тільки в загалі. Відомі моделі SWWM та GWLF [8, 9], що засновані на оцінці впливу поверхневого стоку з урбанізованих територій, не дозволяють їх використовувати для автоматизації роботи керованого модулю.

3. Мета статті

Мета статті полягає у розробці математичної моделі вибору параметрів роботи системи водовідведення НП (її керованого модулю) для захисту БОС від надходження забруднених вод понад нормативні вимоги.

4. Виклад основного матеріалу

4.1. Характеристика схеми фрагменту керованого модулю. Системи водовідведення НП України рекомендується доповнити наведеним фрагментом (рис. 1), який призначений для регулювання подачі стічних і дре-

нажних вод на БОС НП та перехоплення цих вод, у випадку їх забруднення понад нормативні вимоги. Наведемо ключові елементи цього фрагмента та їх функціонування.

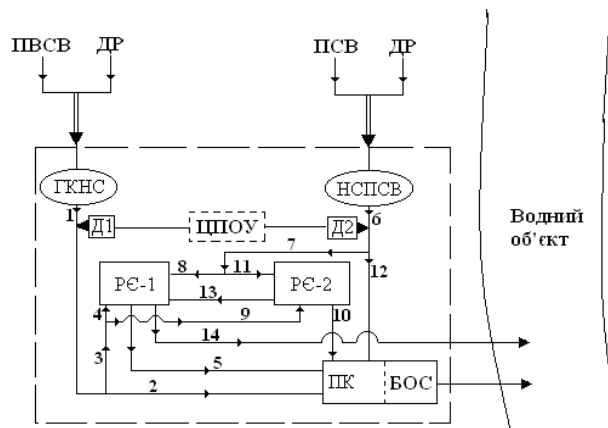


Рис. 1. Схема фрагменту керованого модулю: ПВСВ — побутово-виробничі стічні води; ДР — дренажні води; ПСВ — поверхневі стічні води; ГКНС — головна каналізаційна насосна станція; НПСВБ — насосна станція поверхневих і дренажних стічних вод; Д1, Д2 — датчики автоматизованої системи контролю та регулювання стічних і дренажних вод; ЦПОУ — центральний пункт оперативного управління; РЕ-1, РЕ-2 — регулюючі ємності; ПК — приймальна камера БОС НП; 1–14 трубопроводи стічних і дренажних вод

Спочатку розглянемо регулювання подачі на БОС суміші ДР і ПВСВ вод та їх перехоплення у випадку, якщо вони забруднені понад нормативні вимоги аварійними або несанкціонованими скидами. Суміш ДР і ПВСВ НП по трубопроводу 1 (рис. 1) подається від ГКНС до датчиків Д1 автоматизованої системи контролю та регулювання стічних і дренажних вод (АСКРСДВ), яка знаходиться у ЦПОУ. Ця система здійснює вимірювання в трубопроводі 1 витрат води та концентрацію небезпечних речовин, що характерні для суміші ДР і ПВСВ конкретного НП. Датчики Д1 дозволяють вимірювати концентрацію небезпечних речовин у безперервному режимі (п.п. 4.3).

Якщо АСКРСДВ не реєструє перевищення концентрації хоча б однієї з небезпечних речовин понад

гранично-допустимі концентрації (ГДК) у воді, яка спрямовується на БОС, то суміш зазначених вод подається АСКРСДВ на ПК БОС по трубопроводах 1, 2. В іншому випадку ці води, забруднені понад нормативні вимоги, спрямовуються по трубопроводах 1, 3, 4 до регулюючої ємності РЕ-1 та накопичуються в ній. Далі, ця суміш подається АСКРСДВ з РЕ-1 на ПК БОС по трубопроводу 5 у ті періоди часу, коли витрата усіх інших ДР і ПВСВ, що спрямовуються на БОС, менше максимальної витрати Q_{\max} , на яку спроектовані БОС, та коли ПСВ і ДР не надходять до БОС з регулюючої ємності РЕ-2 або з НСПСВ. Витрату стічних вод, що подаються на БОС з РЕ-1, АСКРСДВ визначає так (п.п. 4.2), щоб регулююча ємність РЕ-1 спорожнявалася за мінімальний час, і щоб при цьому не порушувалися проектні умови подачі стічних вод на БОС.

Якщо забруднену понад нормативні вимоги суміш ДР і ПВСВ треба відводити у ємність РЕ-1, а в ній проводяться ремонтні або експлуатаційні роботи, то зазначена вище суміш подається по трубопроводах 1, 3, 9 у ємність РЕ-2 та накопичується в ній. У цьому випадку, забруднені понад нормативні вимоги ДР і ПВСВ подаються АСКРСДВ з РЕ-2 у ПК БОС по трубопроводу 10 у ті періоди часу, коли годинна витрата усіх інших стічних вод, що надходять до БОС, менше Q_{\max} , та коли ПСВ і ДР не потрапляють на БОС від НСПСВ або з ємності РЕ-1. При цьому витрата стічних і ДР, що подаються на БОС з РЕ-2, визначається АСКРСДВ так (п.п. 4.2), щоб ємність РЕ-2 спорожнявалася за мінімальний час, і при цьому не порушувалися проектні умови подачі стічних вод на БОС. Відзначимо, що спорожнення регулюючих ємностей РЕ-1 і РЕ-2 за мінімальний час є дуже важливим, бо якщо ці ємності не є порожніми, то у разі необхідності вони можуть бути «нездатними прийняти» стічні і дренажні води.

Розглянемо тепер регулювання подачі на БОС суміші ПСВ і ДР та їх перехоплення у випадку, коли їх витрати разом з ПВСВ перевищують Q_{\max} , або коли суміш після НСПСВ забруднена понад нормативні вимоги внаслідок техногенних аварій і катастроф. Суміш ПСВ і ДР НП по трубопроводу 6 подається від НСПСВ до датчиків Д2 автоматизованої системи контролю та регулювання стічних і дренажних вод, які вимірюють в трубопроводі 6 витрату води та концентрацію небезпечних речовин, що характерні для суміші розглядаємих вод конкретного НП. Спочатку розглянемо випадок, коли датчики Д2 не реєструють у трубопроводі 6 перевищення концентрації хоча б однієї з небезпечних речовин понад ГДК, тобто коли поверхневі стічні води не забруднені понад нормативні вимоги.

Якщо БОС не спроектовані на приймання суміші ПСВ і ДР, то ці води подаються АСКРСДВ по трубопроводах 6, 7, 11 у регулюючу ємність РЕ-2 та накопичуються в ній. Якщо БОС спроектовані на приймання цієї суміші і сумарна витрата цих та усіх інших вод, що подаються на БОС, не перевищує свого проектного значення Q_{\max} , то ПСВ подаються АСКРСДВ у ПК БОС по трубопроводах 6, 12.

Якщо БОС спроектовані на приймання суміші ПСВ і ДР, але сумарна витрата цих та усіх інших вод, що надходять до БОС, перевищує Q_{\max} , то частина цієї суміші з трубопроводу 6 відводиться АСКРСДВ на БОС по трубопроводу 12 з такою витратою, щоб сумарна витрата усіх стічних і дренажних вод, що подаються

на БОС, дорівнювала Q_{\max} . Інша ж частина стічних і дренажних вод з трубопроводу 6 по трубопроводах 7, 11 відводиться у регулюючу ємність РЕ-2 та накопичується в ній. Далі АСКРСДВ здійснює відведення вод з РЕ-2 на БОС по трубопроводу 10 у ті періоди часу, коли сумарна витрата усіх інших вод, що потрапляють до БОС, є мінімальною (як правило, такі періоди тривають з 22-ої до 5-ої години кожної доби). Суміш води подається з РЕ-2 у ПК БОС з такою витратою, щоб сумарна витрата цих та усіх інших вод, що потрапляють у цей час до БОС, дорівнювала витраті Q_{\max} .

Якщо при відведенні суміші ПСВ і ДР, не забруднених понад нормативні вимоги, у ємність РЕ-2 вона повністю заповнюється, то надлишок цих вод потрапляє з РЕ-2 до РЕ-1 по самопливному трубопроводу 13. Якщо ж повністю заповнюється і ємність РЕ-1, то суміш, що розглядається, скидається з РЕ-1 у водний об'єкт (рис. 1) по трубопроводу 14. Така надзвичайна ситуація може виникнути внаслідок дуже тривалих та інтенсивних дощів. Але її імовірність досить мала, бо об'єм кожної з ємностей РЕ-1 та РЕ-2 дорівнює об'єму дощових вод, які утворюються внаслідок дощу з періодом однократного перевищення розрахункової інтенсивності дощу в 1 рік. Крім того, в цій ситуації у водний об'єкт скидаються досить чиста суміш ПСВ і ДР, тому що забруднення, які змиваються цими водами із забудованих територій, розбавляються великою кількістю досить чистої дощової води. Відзначимо, що у випадку, коли ємності РЕ-1 і РЕ-2 наповнені водами, не забрудненими понад нормативні вимоги, спорожнення цих ємностей доцільно починати одночасно, причому бажано скоріше спорожнити ту ємність, для якої є більшою ймовірність необхідності наступного наповнення цієї ємності.

Нарешті розглянемо випадок, коли суміш ПСВ і ДР НП забруднені понад нормативні вимоги внаслідок техногенних аварій та катастроф. Якщо датчики Д2 автоматизованої системи контролю та регулювання стічних і дренажних вод реєструють в трубопроводі 6 перевищення хоча б однієї з концентрацій небезпечних речовин понад ГДК, то суміш вод по трубопроводах 6, 7, 8 подаються АСКРСДВ до ємності РЕ-1 і накопичуються в ній. Подача стічних вод, забруднених понад нормативні вимоги, з РЕ-1 до БОС здійснюється так, як це описано вище. Якщо ПСВ і ДР треба відводити у ємність РЕ-2, а в ній проводяться ремонтні або експлуатаційні роботи, то суміш цих вод подається по трубопроводах 6, 7, 8 у ємність РЕ-1 та накопичуються в ній. Якщо води, що накопичені в РЕ-1, не забруднені понад нормативні вимоги, то відведення цих вод з РЕ-1 до БОС здійснюється АСКРСДВ так, як це описано вище для ємності РЕ-2 при відведенні з неї вод, не забруднених понад нормативні вимоги.

У випадку доповнення систем водовідведення НП описаним вище фрагментом (рис. 1) усі випуски неочищеної суміші ПСВ і ДР у водні об'єкти ліквідуються, а стічні і дренажні води, що потрапляли до цих випусків, відводяться на НСПСВ і подаються на БОС так, як це описано в даному підрозділі.

4.2. Визначення параметрів, що характеризують режимами наповнення та спорожнення регулюючих ємностей системи захисту БОС. Режими наповнення та спорожнення регулюючих ємностей РЕ-1, РЕ-2 (рис. 1) характеризуються такими параметрами: q_1 і q_2 — витрати суміші стічних і дренажних вод, що подаються в ємності

РЕ-1 і РЕ-2 при їх наповненні, м³/год; τ_1 і τ_2 — часи наповнення ємностей РЕ-1 і РЕ-2 сумішшю стічних і дренажних вод, год; V_1 і V_2 — об'єми суміші стічних і дренажних вод, що накопичуються в ємностях РЕ-1 і РЕ-2 внаслідок їх наповнення, м³; \tilde{q}_1 і \tilde{q}_2 — витрати суміші стічних і дренажних вод, які відводяться з ємностей РЕ-1 і РЕ-2 при їх спорожненні, м³/год; $\tilde{\tau}_1$ і $\tilde{\tau}_2$ — часи спорожнення ємностей РЕ-1 і РЕ-2, год.

Як зазначено вище, ці параметри є різними для різних режимів наповнення або спорожнення ємностей РЕ-1 і РЕ-2, та дані параметри визначаються АСКРСДВ за результатами відповідних вимірювань і розрахунків. Опишемо визначення вказаних вище параметрів, що характеризують режими наповнення та спорожнення регулюючих ємностей РЕ-1, РЕ-2 (рис. 1).

4.3. Визначення параметрів, що характеризують наповнення регулюючих ємностей. Розглянемо наповнення регулюючої ємності РЕ-1 сумішшю ДР і ПВСВ, забруднених понад нормативні вимоги внаслідок аварійних або несанкціонованих скидів виробничих стічних вод. В цьому випадку АСКРСДВ починає відводити зазначену вище суміш у ємність РЕ-1 в момент часу $t_{\text{поч}}$, коли датчики Д1 починають реєструвати перевищення концентрації хоча б однієї з небезпечних речовин понад ГДК, і закінчує відводити цю суміш в момент часу $t_{\text{кін}}$, коли датчики Д1 закінчують реєструвати зазначене вище перевищення. Моменти часу $t_{\text{поч}}$, $t_{\text{кін}}$ визначаються АСКРСДВ за результатами вимірювання концентрації небезпечних речовин датчиками Д1. Час τ_1 наповнення ємності РЕ-1 розраховується за формулою: $\tau_1 = t_{\text{кін}} - t_{\text{поч}}$.

Витрата q_1 суміші стічних і дренажних вод, що відводяться в ємність РЕ-1, визначається АСКРСДВ за результатами вимірювань витрати води у трубопроводі 1 датчиками Д1. Об'єм V_1 суміші стічних і дренажних вод, що накопичуються в ємності РЕ-1, розраховується за формулою: $V_1 = q_1 \tau_1$.

Таким же способом визначаються параметри τ_1 , q_1 , V_1 у випадку, коли забруднені понад нормативні вимоги ПСВ і ДР подаються в ємність РЕ-1 по трубопроводах 6, 7, 8. В цьому випадку для визначення вказаних вище параметрів використовуються результати відповідних вимірювань, що здійснюються датчиками Д2. Аналогічним способом визначаються параметри τ_2 , q_2 , V_2 , коли забруднена понад нормативні вимоги суміш ПСВ і ДР подається в ємність РЕ-2 по трубопроводах 1, 3, 9. Зазначені параметри визначаються за показаннями датчиків Д1.

Розглянемо випадок, коли суміш ПСВ і ДР, не забруднені понад нормативні вимоги, подаються у регулюючу ємність РЕ-2 по трубопроводах 6, 7, 11.

Якщо БОС не спроектовані на приймання суміші поверхневих стічних і дренажних вод, то ці води подаються у регулюючу ємність РЕ-2 з витратою Q_6 , яка вимірюється в трубопроводі 6 датчиками Д2. В даному випадку витрата q_2 цих вод, що подаються у ємність РЕ-2, є $q_2 = Q_6$. Час τ_2 такої подачі залежить від тривалості τ^* утворення цих вод (внаслідок відповідного дощу, танення снігу, тощо) та від об'єму \tilde{V} ємностей РЕ-2 і РЕ-1 (об'єми цих ємностей є однаковими). Якщо $\tau^* q_2 \leq \tilde{V}$, то за час τ^* ємність РЕ-2 не переповнюється. В цьому випадку $\tau_2 = \tau^*$, а об'єм V_2 води, що накопичується в ємності РЕ-2, є $V_2 = q_2 \tau^*$. Якщо ж $\tau^* q_2 > \tilde{V}$, то за час τ^* ємність РЕ-2 переповнюється. В цьому випадку $V_2 = \tilde{V}$, а $\tau_2 = \tilde{V}/q_2$.

Якщо БОС спроектовані на приймання суміші ПСВ і ДР, але сумарна витрата цих та усіх інших стічних вод, що надходять до БОС, перевищує витрату Q_{max} на яку спроектовані БОС, то частина суміші ПСВ і ДР з трубопроводу 6 відводиться на БОС по трубопроводу 12 з витратою Q_{12} , яка визначається виходячи з умови, що сумарна витрата усіх вод, що подаються в цей час на БОС, дорівнює Q_{max} :

$$Q_{12} = Q_{\text{max}} - Q, \quad (1)$$

де Q — витрата суміші побутово-виробничих стічних і дренажних вод у трубопроводі 1 (вона вимірюється датчиками Д1).

Інша ж частина ПСВ і ДР з трубопроводу 6 по трубопроводах 7, 11 відводиться у регулюючу ємність РЕ-2. При цьому рівняння водного балансу, яке описує розгалуження потоку цих вод у трубопроводі 6 на два потоки у трубопроводах 7 і 12, має вигляд:

$$Q_{12} = Q_7 + Q_6, \quad (2)$$

де Q_7 — витрата води у трубопроводі 7.

Відзначимо, що в даному випадку q_2 є витратою суміші ПСВ і ДР, які подаються у ємність РЕ-2, є $q_2 = Q_7$. Підставляючи (1) у (2) і розв'язуючи отримане рівняння відносно витрати Q_7 , знаходимо:

$$Q_7 = q_2 = Q_{\text{max}} - Q - Q_6. \quad (3)$$

В даному випадку параметри τ_2 і V_2 розраховуються за такими ж формулами, як і в розглянутому вище випадку, коли БОС не спроектовані на приймання суміші ПСВ і ДР. При цьому в зазначених вище формулах використовується значення q_2 , що розраховане за формулою (3).

В наступному підрозділі розглядається розрахунок параметрів, що характеризують спорожнення ємностей РЕ-1, РЕ-2. Для такого розрахунку необхідно визначити концентрації небезпечних речовин у стічних і дренажних водах, що накопичуються в ємностях РЕ-1, РЕ-2 внаслідок їх наповнення. Опишемо визначення вказаних вище концентрацій за результатами їх вимірювання датчиками Д1, Д2 під час наповнення ємностей РЕ-1, РЕ-2.

Як зазначено вище, датчики Д1, Д2 вимірюють концентрацію небезпечних речовин в безперервному режимі. Це означає, що один із зазначених датчиків вимірює концентрації C_1, C_2, \dots, C_N деякої небезпечної речовини через певні однакові проміжки часу тривалістю Δt (рис. 2). На рис. 2 момент часу t_1 відповідає початку наповнення одної з ємностей РЕ-1 і РЕ-2, а момент часу t_2 — кінцю наповнення. Середня (за часом) концентрація \tilde{C} даної небезпечної речовини у стічних водах, що накопичуються в даній регулюючій ємності, розраховується за формулою:

$$\tilde{C} = \frac{1}{t_N - t_1} \int_{t_1}^{t_N} C(t), \quad (4)$$

де $C(t)$ — концентрація розглядуваної небезпечної речовини в залежності від t .

Визначений інтеграл у правій частині співвідношення (4) можна наближено розрахувати за формулою трапеції [10]:

$$\int_{t_1}^{t_N} C(t) dt = \frac{\Delta t}{2} (C_1 + 2C_2 + 2C_3 + \dots + 2C_{N-2} + C_{N-1}), \quad (5)$$

де Δt — тривалість часового інтервалу, через який вимірюються концентрації небезпечних речовин (рис. 2); C_i — концентрація даної небезпечної речовини в момент часу t_i ; N — кількість вимірювань концентрації речовини у стічних водах під час їх відведення в регулюючу ємність.

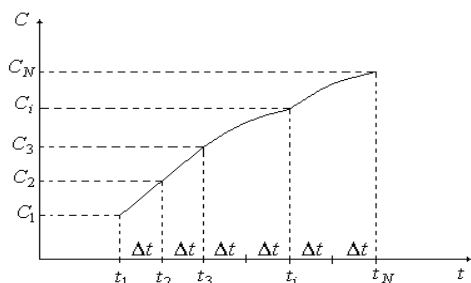


Рис. 2. Концентрація C деякої небезпечної речовини в залежності від часу t (за результатами вимірювання датчиків Д1, Д2 у безперервному режимі)

Підставляючи (5) у (4), одержимо:

$$\tilde{C} = \frac{\Delta t (C_1 + 2C_2 + 2C_3 + \dots + 2C_{N-2} + C_{N-1})}{2(t_N - t_1)}. \quad (6)$$

4.4. Визначення параметрів, що характеризують спорожнення регулюючих ємностей. Розглянемо спорожнення ємності РЕ-1 у випадку, коли вона наповнена водами, забрудненими понад нормативні вимоги. Як було зазначено вище, необхідно визначити витрату \tilde{q}_1 так, щоб час $\tilde{\tau}_1$ спорожнення ємності РЕ-1 був мінімальним, і щоб при цьому не порушувалися проектні умови подачі стічних вод на БОС. В даному випадку стічні води відводяться з ємності РЕ-1 по трубопроводу 5 у ПК БОС (рис. 1), де ці води змішуються з іншими водами, що подаються на БОС від ГКНС по трубопроводах 1, 2. У цей час всі інші води не подаються на БОС. Рівняння балансу маси i -тої небезпечної речовини, яке відбиває зазначене вище змішування вод, має вигляд:

$$C_i Q + \tilde{C}_i \tilde{q}_1 = C_i^{cm} (Q + \tilde{q}_1), \quad (7)$$

де \tilde{C}_i , C_i — концентрації i -тої речовини відповідно в ємності РЕ-1 та в трубопроводі 1; Q — витрата суміші стічних і дренажних вод в трубопроводі 1; C_i^{cm} — концентрація i -тої речовини у суміші стічних і дренажних вод, яка потрапляє з приймальної камери до БОС; \tilde{q}_1 — витрата суміші стічних і дренажних вод, що відводяться з ємності РЕ-1.

Витрата Q та концентрація C_i вимірюються датчиками Д1, а концентрація \tilde{C}_i визначається за формулою, що аналогічна формулі (6). В даному випадку під час відведення стічних вод з РЕ-1 повинні виконуватися такі умови:

$$C_i^{cm} \leq C_i^{ГДК} \quad (i=1, 2, \dots, M), \quad (8)$$

$$C_i \leq C_i^{ГДК} \quad (i=1, 2, \dots, M), \quad (9)$$

$$\tilde{C}_i > C_i^{ГДК} \quad (i=1, 2, \dots, M), \quad (10)$$

$$\tilde{q}_1 + Q \leq Q_{max}, \quad (11)$$

де $C_i^{ГДК}$ — гранично допустима концентрація i -тої небезпечної речовини у воді, яка спрямовується на біологічне очищення; M — кількість небезпечних речовин у стічних і дренажних водах, що характерні для даного НП; Q_{max} — максимальна сумарна витрата стічних і дренажних вод, на яку спроектовані БОС.

Виконання умови (8) забезпечує дотримання норми якості стічних і дренажних вод, що подаються на БОС. Умова (9) відповідає тому, що води, які подаються на БОС від ГКНС, не забруднені понад нормативні вимоги, а умова (10), — що води, які відводяться з ємності РЕ-1, забруднені понад нормативні вимоги. Виконання умови (11) забезпечує неперевикнення сумарної витрати стічних і дренажних вод, що подаються на БОС, понад проектні значення Q_{max} . Відзначимо, що при виконанні умов (8), (11) не порушуються проектні умови подачі суміші стічних і дренажних вод на ОС.

Розв'язуючи рівняння (7) відносно \tilde{q}_1 , одержимо:

$$\tilde{q}_1 = Q \frac{C_i^{cm} - C_i}{\tilde{C}_i - C_i^{cm}}. \quad (12)$$

Із (8)–(10) випливає, що:

$$\tilde{C}_i > C_i, \quad (13)$$

$$\tilde{C}_i > C_i^{cm}. \quad (14)$$

Враховуючи (14), а також умови $Q > 0$ і $\tilde{q}_1 > 0$, із (12) одержимо:

$$C_i^{cm} > C_i. \quad (15)$$

Покажемо, що при зменшенні концентрації \tilde{C}_i зменшується час $\tilde{\tau}_1$ спорожнення ємності РЕ-1. Із (12) знаходимо:

$$\frac{\partial \tilde{q}_1}{\partial \tilde{C}_i} = -Q \frac{C_i^{cm} - C_i}{(\tilde{C}_i - C_i^{cm})^2}. \quad (16)$$

Якщо врахувати умову (15), то із (16) одержимо:

$$\frac{\partial \tilde{q}_1}{\partial \tilde{C}_i} < 0.$$

Виконання останньої умови означає, що при збільшенні концентрації C_i зменшується витрата \tilde{q}_1 . Отже, при зменшенні концентрації C_i витрата \tilde{q}_1 збільшується. Очевидно, що при цьому зменшується час $\tilde{\tau}_1$. Таким чином, при зменшенні концентрації \tilde{C}_i час $\tilde{\tau}_1$ також зменшується.

Покажемо, що при збільшенні концентрації C_i^{cm} збільшується витрата \tilde{q}_1 , а отже, при збільшенні витрати \tilde{q}_1 збільшується концентрація C_i^{cm} .

Із (12) знаходимо:

$$\frac{\partial \tilde{q}_1}{\partial C_i^{cm}} = Q \frac{\tilde{C}_i - C_i}{(\tilde{C}_i - C_i^{cm})^2}. \quad (17)$$

Із (13), (17) випливає, що: $\frac{\partial \tilde{q}_1}{\partial C_i^{cm}} > 0$.

Виконання цієї умови означає, що при збільшенні концентрації C_i^{cm} збільшується витрата \tilde{q}_1 . Але, відпо-

відно до (8), максимально допустиме значення концентрації C_i^{cm} , при якому не порушуються норми якості стічних і дренажних вод, що подаються на БОС, є:

$$C_i^{cm} = C_i^{ГДК}. \quad (18)$$

Підставляючи (18) у (12), знаходимо таке максимально допустиме значення витрати \tilde{q}_1 :

$$\tilde{q}_1 = Q \frac{C_i^{ГДК} - C_i}{\tilde{C}_i - C_i^{ГДК}}. \quad (19)$$

Із (19) видно, що кожній i -тій речовині відповідає своє значення максимально допустимої витрати \tilde{q}_1 . Але ця витрата повинна бути однаковою для всіх речовин. Враховуючи це, а також формулу (19) і те, що при зростанні витрати \tilde{q}_1 зростає концентрація C_i^{cm} , знаходимо таку максимально допустиму витрату \tilde{q}_1^{max} , яка є задовільною для всіх речовин:

$$\tilde{q}_1^{max} = Q \cdot \min_{i=1}^M \left(\frac{C_i^{ГДК} - C_i}{\tilde{C}_i - C_i^{ГДК}} \right). \quad (20)$$

Очевидно, що витраті \tilde{q}_1^{max} відповідає мінімальне значення часу $\tilde{\tau}_1$ спорожнення ємності РЕ-1. Із (19), (20) видно, що максимально допустима витрата \tilde{q}_1^{max} дорівнює мінімальному із значень витрати \tilde{q}_1 , розрахованих за формулою (19) при $i = 1, 2, \dots, M$. Нехай вказаному вище мінімальному значенню витрати \tilde{q}_1 відповідає небезпечна речовина з номером $i = s$ ($s \leq M$). Цю речовину можна назвати лімітуючою речовиною, бо мінімальний час $\tilde{\tau}_1$, який відповідає витраті \tilde{q}_1^{max} при даному значенні концентрації \tilde{C}_s , можна зменшити лише внаслідок зменшення концентрації \tilde{C}_s саме цієї s -тої речовини. Дійсно, враховуючи наведене вище визначення лімітуючої речовини, формулу (20) можна записати так:

$$\tilde{q}_1^{max} = Q \cdot \frac{C_s^{ГДК} - C_s}{\tilde{C}_s - C_s^{ГДК}}.$$

З останньої формули видно, що при зменшенні концентрації \tilde{C}_s збільшується витрата \tilde{q}_1^{max} , а отже, зменшується мінімальний час $\tilde{\tau}_1$, який відповідає витраті \tilde{q}_1^{max} .

Якщо, наприклад, лімітуючою речовиною є нафтопродукти, то для зменшення мінімального часу спорожнення ємності РЕ-1 концентрацію нафтопродуктів бажано зменшити в цій ємності перед її спорожненням.

Виконання умови (11) забезпечується наступним чином.

Якщо $\tilde{q}_1^{max} \leq Q_{max} - Q$, то АСКРСДВ відводить стічні і дренажні води з РЕ-1 на БОС з витратою $\tilde{q}_1 = \tilde{q}_1^{max}$. Якщо ж $\tilde{q}_1^{max} > Q_{max} - Q$, то АСКРСДВ відводить ці води витратою $\tilde{q}_1 = Q_{max} - Q$.

Час $\tilde{\tau}_1$ спорожнення ємності РЕ-1 визначається за формулою

$$\tilde{\tau}_1 = \frac{V_1}{\tilde{q}_1}, \quad (21)$$

де V_1 — об'єм стічних і дренажних вод, що накопичені в ємності РЕ-1.

Очевидно, що у випадку спорожнення ємності РЕ-2, коли вона наповнена сумішшю стічних і дренажних вод, які є забрудненими понад нормативні вимоги, парамет-

ри \tilde{q}_2 , $\tilde{\tau}_2$ визначаються фактично за такою ж самою методикою, як і в описаному вище випадку спорожнення ємності РЕ-1 після її наповнення стічними і дренажними водами, забрудненими понад нормативні вимоги.

Нарешті, розглянемо випадок одночасного початку спорожнення ємностей РЕ-1 і РЕ-2, які наповнені поверхневими стічними і дренажними водами, не забрудненими понад нормативні вимоги. Нехай ймовірність необхідності наступного наповнення ємності РЕ-1 є η_1 , а ємності РЕ-2 — η_2 . Очевидно, що в цьому випадку доцільно скоріше спорожнити ту ємність, для якої ймовірність необхідності її наступного наповнення є більшою. Тому в даному випадку повинна виконуватися умова:

$$\frac{\tilde{\tau}_1}{\tilde{\tau}_2} = \frac{\eta_2}{\eta_1}. \quad (22)$$

Враховуючи, що:

$$\tilde{\tau}_1 = \frac{V_1}{\tilde{q}_1}, \quad \tilde{\tau}_2 = \frac{V_2}{\tilde{q}_2}, \quad (23)$$

із (23) одержимо:

$$\frac{\tilde{q}_2}{\tilde{q}_1} = \frac{\eta_2 V_2}{\eta_1 V_1}. \quad (24)$$

В даному випадку води, що відводяться на БОС з ємностей РЕ-1 і РЕ-2, змішуються зі ПБСВ і ДР, що подаються на БОС від ГКНС, причому, стічні води, які утворюють зазначену суміш, не забруднені понад нормативні вимоги, а отже і ця суміш не забруднена понад нормативні вимоги. Тому, якщо виконується умова:

$$\tilde{q}_1 + \tilde{q}_2 + Q = Q_{max}, \quad (25)$$

то проектні умови подачі стічних вод на БОС не порушуються, а часи $\tilde{\tau}_1$ і $\tilde{\tau}_2$ є мінімальними.

Розв'язуючи систему рівнянь (24), (25) відносно витрат \tilde{q}_1 і \tilde{q}_2 , одержимо:

$$\tilde{q}_1 = (Q_{max} - Q) \frac{\eta_1 V_1}{\eta_1 V_1 + \eta_2 V_2}, \quad \tilde{q}_2 = \tilde{q}_1 \frac{\eta_2 V_2}{\eta_1 V_1}.$$

Часи $\tilde{\tau}_1$ і $\tilde{\tau}_2$ спорожнення ємностей РЕ-1 і РЕ-2 розраховуються за формулами (23).

5. Висновки

Для забезпечення функціонування описаної вище автоматизованої системи контролю і регулювання стічних і дренажних вод може бути розроблена комп'ютерна програма, яка би реалізовувала запропоновані вище методи розрахунку параметрів, що характеризують режими наповнення і спорожнення регулюючих ємностей РЕ-1, РЕ-2. Результатом цього стане захист біологічних очисних споруд населеного пункту від надходження забруднених вод понад нормативні вимоги.

Література

- Яковлев, С. В. Канализация [Текст] : Учебник для вузов по спец. «Водоснабжение и канализация» / С. В. Яковлев, Я. А. Карелин, А. И. Жуков, С. К. Колобанов. — Лет Ме Принт, 2012. — 638 с.

2. Directive 2000/60/ EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy [Text] // Official Journal of the European Union. — L327, 22.12.2000. — 72 p.
3. Tyler Miller G. Living in the Environment (Ninth Edition) [Text] / G. Tyler Miller // Wadsworth Publish Company. — ITP: California USA, 1997. — 800 p.
4. Дмитрієва, О. О. Екологічно безпечне водокористування у населених пунктах України [Текст] / О. О. Дмитрієва. — К. : Рада по вивченню продуктивних сил України НАН України, 2008. — 459 с.
5. Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste- water treatment [Text] // Official Journal L 135, 30/05/1991/ P. 0040–0052. CELEX:31991L0271:EN:HTML.
6. Дмитрієва, О. О. Існуюча концепція управління водокористуванням населених пунктів України [Текст] / О. О. Дмитрієва // Продуктивні сили і регіональна економіка. — К. : РВПСУ. — 2006. — Ч. II, С. 228–238.
7. Дмитрієва, О. О. Інноваційні технології перебудови водокористування в населених пунктах України [Текст] / О. О. Дмитрієва // Механізм регулювання економіки. — 2008. — № 2. — С. 196–200.
8. Lewis, A. STORM WATER MANAGEMENT MODEL USER'S MANUAL : Version 5.0. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U. S. [Text] / A. Lewis, L. A. Rossman // Environmental Protection Agency Cincinnati. — OH 45268, 1997. — 249 p.
9. Haith, D. A. GWLF: Generalized watershed loading functions (User's Manual, version 2.0) / D. A. Haith, R. Mandel, R. S. Wu. — Cornell University, 1992.
10. Выгодский, М. Я. Справочник по высшей математике [Текст] / М. Я. Выгодский. — М. : АСТ: Астрель, 2006. — 991 с.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ВОДООТВЕДЕНИЯ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Освещены вопросы определения параметров работы системы водоотведения населенных пунктов, которые обеспечат защиту

очистных сооружений от поступления загрязненных вод сверх нормативных требований. Приведен фрагмент управляемого модуля, который предназначен для перехвата вод в случае их значительного загрязнения. Аналитически определены параметры, характеризующие режимы наполнения и опорожнения регулирующих емкостей системы защиты очистных сооружений.

Ключевые слова: система водоотведения; режим работы; производственные, бытовые, поверхностные и дренажные воды.

Дмитрієва Олена Олексіївна, доктор економічних наук, заступник директора з наукової роботи та маркетингу наукових досліджень, зав. лаб. 2.1. Екологічно безпечного водовідведення у водогосподарських системах населених пунктів та господарських об'єктів, Український науково-дослідний інститут екологічних проблем.

Тертичний Олег Леонідович, кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник, Український науково-дослідний інститут екологічних проблем.

Хоренжася Ірина Віталіївна, здобувач, Український науково-дослідний інститут екологічних проблем.

Дмитриева Елена Алексеевна, доктор экономических наук, заместитель директора по научной работе и маркетингу научных исследований, зав. лаб. 2.1 Экологически безопасного водоотведения в водохозяйственных системах населенных пунктов и хозяйственных объектов, Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем.

Тертычный Олег Леонидович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем.

Хоренжася Ирина Витальевна, соискатель, Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем.

Dmitrieva Elena, Ukrainian Research and Design Institute for Environmental Problems.

Tertychnyi Oleg, Ukrainian Research and Design Institute for Environmental Problems.

Horenzhaya Irina, Ukrainian Research and Design Institute for Environmental Problems.

УДК 666.616

Захаров А. В.

ВИКОРИСТАННЯ НОВИХ ВИДІВ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ УКРАЇНИ В ТЕХНОЛОГІЇ КЕРАМІЧНИХ ВИРОБІВ З ПОКРИТТЯМИ

Встановлено особливості створення керамічних виробів, що містять новий вид польвошпатової сировини як в складі мас, так і в складі поливних покриттів. Керамічну продукцію одержано за технологією однократного випалу завдяки зближенню хімічних складів основи та покриття, при економії енергоресурсів на їх виготовлення.

Ключові слова: польвошпатована сировина, однократний випал, економія енергоресурсів.

1. Вступ

Перспектива значного зросту виробництва керамічних щільноспечених матеріалів та склокристалічних покриттів можлива лише за умов створення надійної мінерально-сировинної бази, вибору шляхів та вірної оцінки найбільш раціонального використання мінеральних ресурсів, підготовки нових родовищ сировини і оп-

рацювання її технологічної придатності. До актуальних факторів порівняння властивостей керамічної сировини слід також віднести можливість економії енергоресурсів в процесі виробництва продукції та зниження показників собівартості при використанні вітчизняних мінеральних ресурсів.

У зв'язку з відсутністю родовищ високосортних польвових шпатів Україна сьогодні відчуває дефіцит цього

виду сировини. Для задоволення потреб вітчизняної промисловості щорічно імпортується близько 100 тис. тон польових шпатів з Росії, Туреччини, Індії. В той же час Україна, завдяки особливостям геологічної будови, за кількістю родовищ кварц-польовошпатової сировини є однією з найзабезпеченіших країн світу [1, 2].

2. Вибір напрямку досліджень

Актуальність поставленої проблеми зумовлена наявністю таких задач:

— довести можливість застосування раніше не використовуваних видів кварц-польовошпатової сировини України [3];

— дослідити можливість використання технології однократного випалу та знизити температуру випалу до 1100–1150 °С.

Дослідження були спрямовані на визначення ефективності дії плавнів у вигляді КПШМ різних мінеральних складів у керамічних масах та нефритованих покриттях, які відрізняються малокомпонентністю при комплексній дії складових.

3. Експериментальні дані та їх обговорення

В роботі були використані вказані в табл. 1 досліджувані сировинні матеріали та для порівняння наведено хімічний склад російського польового шпату, що широко застосовується на даний час в керамічних виробництвах.

Хімічний склад сировинних матеріалів для керамічних мас

Матеріали	Вміст, мас. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Fe ₂ O ₃	В.п.п.
Сієніт Старокримський	69,38	15,23	—	2,35	1,78	3,79	4,44	3,03	0,72
Сієніт Октябрьський	66,89	15,62	—	2,9	0,84	3,74	2,91	7,1	3,01
Вишневогорський польовий шпат (Росія)	59,54	23,45	сліди	0,66	—	7,23	8,28	0,20	0,66
Каолін лужний Майдан-Вільського родовища	70,44	18,03	0,82	1,03	1,03	0,92	6,91	0,82	0,84
Каолін Просянівського родовища	52,37	43,43	—	1,94	0,4	1,18	—	0,68	14,64

Аналіз присутності основних компонентів (лужних оксидів, а також оксидів заліза, алюмінію та кремнію) у складі КПШС вітчизняних родовищ показав, що найбільший інтерес представляють не застосовувані раніше нефелінові сієніти Октябрьського родовища та маріуполіти Старокримського родовища Донецької області, а також лужні каоліни Майдан-Вільського родовища.

В табл. 2 наведено відомості про мінеральний склад використаної сировини, що підтверджено результатами РФА (аналіз виконано аналітиком К. П. Вернигорою) зразків порід на рис. 1.

Сієніти Октябрьського та Старокримського родовищ характеризуються невеликою кількістю вільного кварцу у порівнянні з гранітними породами. У складі Октябрьського сієніту міститься порівняно більше альбіту, тоді як в польово-шпатовій складовій Старокримського сієніта переважає калієвий польовий шпат; при цьому кількість біотиту у їх складі є завеликою, що надає певної переваги перед іншими КПШМ [4].

Таблиця 2
Розрахункова характеристика мінерального складу сировинних компонентів

Мінерали	Розрахунковий мінеральний склад, %		
	Старокримське родовище	Октябрьське родовище	Майдан Вільське родовище
Ортоклаз	26,22	18,00	34
Альбіт	32,02	33,01	6
Анортит	11,24	14,62	—
Вільний кварц	30,52	34,36	23
Каолініт	—	—	37
Калієвий модуль	1,17	0,78	7,54

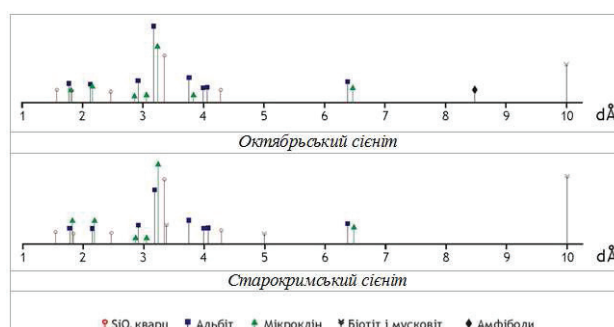


Рис. 1. Штрих-рентгенограми дослідних порід

При розробці складів полив для щільноспеченої кераміки були використані розрахунки евтектик в потрій-

Таблиця 1

них системах оксидів [5], що найімовірніше описують поливні композиції. Проекції області складів на потрійні діаграми стану оксидів Na₂O-Al₂O₃-SiO₂, K₂O-Al₂O₃-SiO₂ дозволили встановити, що вони розташовані в межах елементарних трикутників NAS₆-A₃S₂-SiO₂ і KAS₆-A₃S₂-SiO₂. Встановлено також, що в залізовмісній системі Fe₂O₃-Al₂O₃-SiO₂ складі легкоплавких покриттів мають бути розташовані на межі полів піроксену та нефеліну.

Надалі з використанням спеціально розробленої програми [6] розраховані хімічні складі розплавів, які мають утворитися при нагріванні порід до 1100 та 1200 °С з урахуванням кількості оксидів, що до складають тверду фазу (табл. 3).

Отримані дані свідчать про те, що при одночасній присутності двох лужних оксидів у складі поливи має переважати оксид калію. Вміст SiO₂ на рівні 80 мас. % може бути скоректований певною кількістю оксиду алюмінію, та оксидів лужноземельних металів (CaO та MgO), що дозволить збільшити характеристики міцності поливи.

Таблиця 3

Узагальнені характеристики плавкості дослідних порід та фазовий склад продуктів випалу [6]

Назва порід	Температура початку плавлення, °С	Температура ліквідусу, °С	Температура випалу, °С	Кількість розплаву, %	Кількість Твердої фази, %	Склад твердої фази, %					
						Na ₂ SiO ₃	K ₂ SiO ₃	CaSiO ₃	Al ₂ SiO ₅	SiO ₂	Fe ₂ O ₃
Сієніт старокримський	985	1732	1100	37,1	62,9	0	0	2,6	17,8	41,6	0,8
			1200	79,7	20,3	0	0,0	2,6	16,0	0,8	0,8
Сієніт Октябрьський	985	1557	1100	25,2	74,8	0	4,8	2,9	19,4	44,0	3,7
			1200	67,4	32,6	0	4,0	2,9	18,3	3,7	3,7
Лужний каолін Майдан-Вільський	985	1393	1100	91,0	9,0	0	3,3	0	5,7	0	0
			1200	95,39	4,61	0	0	0	4,61	0	0

Для розробки складів нефритованих полив були проведені попередні розрахунки з метою визначення співвідношень основних оксидів, які забезпечують одержання розплаву при $t_{\text{випл}} = 1050 \div 1200$ °С, що відповідає температурі випалу щільноспеченої кераміки. Для обраних складів було виконано прогнозування експлуатаційних характеристик полив, що забезпечують їх відповідність показникам керамічної маси.

За допомогою розрахункових методів у високотемпературних областях алюмосилікатних оксидних систем, модифікованих оксидами R₂O та RO, була окреслена область хімічних складів, до яких приведені розроблювані маси та покриття, і основною кристалічною фазою в яких визначено муліт [7], силіманіт та піроксеноподібні структури. Температурні межі утворення зазначених кристалічних фаз знаходяться в інтервалі 1100–1200 °С, що відповідає максимальним значенням температури випалу керамічних виробів із щільно спеченою структурою, в тому числі, керамограніт, плитки для підлоги, стінові матеріали [8].

Передбачені властивості одержаних виробів з покриттями відповідали вимогам держстандарту [9] і характеризувалися високими показниками для зносостійкості (не вище 0,018 г/см²), термостійкості (не менше 175 °С) та твердості 6–6,5 за шкалою Мооса [10].

4. Висновки

Досліджена можливість застосування раніше не використовуваних видів кварц-польовошпатової сировини в технології лицевальної та стінової кераміки. В якості таких сировинних матеріалів були обрані породи родовищ Донецької області, що вміщують нефелін-сієніт, мариуполіт.

Встановлені оптимальні концентрації та співвідношення сировинних компонентів у складах покриттів, що дозволило одержати кераміку з якісними матовими покриттями бежево-коричневих відтінків за режимом однократного прискореного випалу в інтервалі максимальних температур 1050–1100 °С.

Була вирішена поліваріантна задача — одержання керамічних виробів, що містять вказану сировину як в складі мас, так і в складі поливних покриттів, що дозволяє створювати керамічну продукцію за технологією однократного випалу завдяки зближенню хімічних складів основи та покриття і сприяє підвищенню експлуатаційних властивостей виробів при економії енергії на їх виготовлення.

Література

1. Кочубей, Ю. А. Сировинна база фарфору, фаянсу, будівельної кераміки та скла [Текст] : матеріали III Міжгалуз. наук.-практ. наради, смт. Гурзуф, АР Крим, 10–14 вересня 2007 р. / Ю. А. Кочубей // Сировинна база для виробництва фарфору, фаянсу, будівельної кераміки та скла. Стан та перспективи розвитку. — С. 8–11.
2. Ryshchenko, M. Possibility of obtaining ceramogranite using quartz-feldspar raw material from Ukraine [Text] / M. Ryshchenko, L. Shchukina, E. Fedorenko, K. Firsov // Glas and Ceramics. — 2008. — Vol. 65, Iss. 1–2. P. 23–26.
3. Konev N. N. Removal of iron-containing impurities using the magnetic separation method [Text] / N. N. Konev, I. P. Salo // Glas and Ceram. — 1999. — V. 56. — N 1–2. — P. 32–33.
4. Рудий, М. Г. Гранітоїдні породи Українського щита — не традиційне джерело польовошпатової сировини [Текст] : матеріали I Міжгалуз. наук.-практ. наради, 3–7 жовтня 2005 р. / М. Г. Рудий, М. А. Козар, О. П. Дзядук // Сировинна база для виробництва фарфору, фаянсу, будівельної кераміки та скла. Стан та перспективи розвитку. — К. : ПДРГП «Північгеологія», 2005. — С. 53–57.
5. Phase Equilibrium Diagrams of Oxide Systems NIST Standart Reference Database 31 [Електронний ресурс] — 1 електрон. опт. диск (CD-ROM) : кольор. ; 12 см. — (ACerS-NIST Phase Equilibria Diagrams CD-ROM Database v. 3.1.0, 2006). — Систем. вимоги : 128 Mb RAM ; 200 Mb available HDD ; CD-ROM Windows 98/Me/2000/NT/XP. — Назва з титул. екрану. — ISBN 0-916094-04-9.
6. Федоренко, О. Ю. Щільноспечена кераміка поліфункціонального призначення з пониженою температурою синтезу [Текст] : дис. ... д-р техн. наук. : 05.17.11. / О. Ю. Федоренко. — Харків. — 2012. — 541 с.
7. Hubertus, R. Process technology in whitewares: where do we stand and what is to be expected [Text] / R. Hubertus // Ind.ceram.et ver. — 1998. — Vol. 81, № 11. — P. 678–685.
8. Лісачук, Г. В. Будівельні матеріали на основі кварц-польовошпатової та плагіоклазової сировини [Текст] / Г. В. Лісачук, О. Ю. Федоренко, Л. О. Білостоцька, Ю. Д. Трусова, Л. В. Павлова, І. В. Блудова // Кераміка: наука і життя. — Київ, 2009. — № 3(5). — С. 43–51.
9. ДСТУ Б В.2.7-117-2002 (ГОСТ 6787-2001) Плитки для підлоги. Технічні умови. Державний комітет України з будівництва та архітектури. — Чинн., від 2002-05-07. — К., 2002.
10. Захаров, А. В. Перспективи використання кварц-польовошпатового матеріалу у виробництві технічної та будівельної кераміки [Текст] : Тезиси докл. Международной научно-технической конференции, Харьков, 24–25 апреля 2012 г. / А. В. Захаров, Г. В. Лісачук // Технология и применение огнеупоров и технической керамики в промышленности. — Харьков: Каравелла, 2012. — С. 60–61.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НОВЫХ ВИДОВ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ УКРАИНЫ В ТЕХНОЛОГИИ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ С ПОКРЫТИЯМИ

Установлены особенности создания керамических изделий, содержащих новый вид полевошпатового сырья, как в составе масс, так и в составе глазурных покрытий. Керамическая продукция получена по технологии однократного обжига благодаря сближению химических составов основы и покрытия при экономии энергоресурсов на их изготовление.

Ключевые слова: полевошпатовое сырье, однократный обжиг, экономия энергоресурсов.

Захаров Артем Вячеславович, магистрант, кафедра технологий керамики, огнеупоров, стекла та емалей; Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», e-mail: neon1061@rambler.ru.

Захаров Артем Вячеславович, магистрант, кафедра технологий керамики, огнеупоров, стекла и эмалей; Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

Zakharov Artem, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», e-mail: neon1061@rambler.ru.

УДК 628.477:656.2

**Зеленько Ю. В.,
Безовська М. С.,
Лещинська А. Л.**

РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗУВАННЯ НАФТОВМІЩУЮЧИХ ВІДХОДІВ

У статті вивчаються проблеми утворення та поводження з нафтовмісними відходами залізниць, а саме мастильно-охолоджувальними рідинами, нафтозабрудненими ґрунтами і відпрацьованими моторними оливами. Розглянуті основні технології утилізування таких відходів. Наведені дані експериментальних досліджень, запропоновані високоефективні методи утилізації розглянутих відходів, які можна впроваджувати на залізницях та на підприємствах інших галузей економіки України.

Ключові слова: мастильно-охолоджувальні рідини, нафтозабруднені ґрунти, оливи, утилізування, поверхнево-активні речовини.

1. Вступ

Одними з найактуальніших проблем сучасного розвитку науково-технічного прогресу є проблема охорони навколишнього середовища від забруднень, утворення відходів виробництва та споживання і раціонального використання природних ресурсів.

Практично всі структурні підрозділи залізничного транспорту є джерелами утворення відходів. Згідно статистичних даних, поміж інших відходів значними об'ємами утворення відрізняються відпрацьовані оливи та мастила, технологічні шлами, нафтозабруднені ґрунти, відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини, нафтозабруднене ганчір'я, нафтозабруднені стічні води від обмивки рухомого складу, шлам оливодовідокремлювачів, оливні фільтри та інші.

Основну потенційну небезпеку при поводженні з нафтовмісними відходами становлять недосконалі термічні процеси їх утилізації, що супроводжуються викидами бенз(α)пірену та важких металів, а також розповсюджені на залізницях нераціональні принципи поводження з відпрацьованими оливами та мастильно-охолоджувальними рідинами, що є виразним прикладом безвідповідального поводження із цінними ресурсами.

Саме тому створення сучасних раціональних та екологічних схем утилізації та рекуперації нафтовмісних відходів є науково-прикладним завданням, що призведе до зменшення проблем з накопиченням, поводженням та мінімізацією таких відходів.

У статті розглядаються проблеми утворення та поводження з такими нафтовмісними відходами залізниць, як відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини, нафтозабруднені ґрунти і відпрацьовані моторні оливи.

2. Аналіз проблеми утворення відходів та результати досліджень

2.1. Аналіз проблеми утворення та результати досліджень у сфері утилізації відпрацьованих мастильно-охолоджувальних рідин. Інтенсифікація процесів механічної обробки металів, впровадження високопродуктивного обладнання, автоматизованих процесів, широке застосування конструкційних матеріалів призводять до того, що обробка металів різанням стає неможливою без застосування ефективних мастильно-охолоджувальних рідин (МОР).

МОР являють собою водну емульсію мінеральної оливи, стабілізовану ПАР і різними органічними добавками, призначеними для запобігання передчасного старіння емульсії. У процесі використання МОР втрачає свої технологічні властивості і потребує заміни свіжою. Відпрацьована МОР відноситься до 3 класу небезпеки, ГДК одного з основних компонентів МОР-мінеральної оливи – у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування становить 5 мг/м^3 , ЛД $50 = 7000 \text{ мг/кг}$ [1].

У процесі використання МОР схильні до забруднення:

— найдрібнішими механічними частинками (домішками), що виділяються з окисленого шару металу, шламом після травлення і продуктами зносу металу при травленні та холодній прокатці;

— вільними (неемальованими) оливами, що виділяються з емульсії у результаті розшарування;

— оливами, що потрапляють у емульсійну систему в результаті витоків з механічних і гідравлічних вузлів металообробного обладнання та ін.

Одночасно відбувається термічна деструкція органічних складових МОР, так як у місцях контакту різального інструменту і оброблюваної деталі локальна температура може досягати 450–500 °С.

Відпрацьована МОР (емульсія) являє собою особливий вид стічних вод, дуже небезпечних для навколишнього середовища, так як містить велику кількість стійко емульгованих нафтопродуктів. У відпрацьованій МОР міститься 10–30 г/л емульгованих олив і велика кількість вільних олив. Загальна кількість ефіророзчинних речовин в емульсійних стічних водах становить 20–30 г/л. У зв'язку з цим необхідне проведення комплексу заходів щодо нейтралізації відпрацьованої МОР [1, 2].

Відпрацьована МОР підлягає обов'язковому знешкодженню від найбільш токсичних компонентів. Існуючі на сьогоднішній день методи знешкодження емульсії типу МОР-вмісних стоків можна розділити на три основні групи: термічні, фізико-хімічні, біологічні.

Жодна із зазначених груп окремо не може забезпечити сучасні вимоги щодо якості води, що очищується і кількості відходів, що утворюються. Застосування традиційних хімічних та фізико-хімічних методів призводить до вторинного забруднення навколишнього середовища за рахунок утворення різних відходів. Більшість способів утилізації відпрацьованих МОР-вмісних стоків або економічно неефективні, або екологічно неприйнятні [3]. Тому проблема знешкодження МОР залишається актуальною.

Не менш актуальною є задача розробки таких заходів з очищення МОР, які дозволяли б при мінімальних витратах здійснювати очищення МОР та інших технологічних рідин до такого стану, що дає змогу використовувати їх повторно.

Авторами проводилися дослідження у сфері знешкодження та утилізації відпрацьованих МОР, зокрема «Емульсолу СВК», що використовуються на підприємствах залізничної інфраструктури, з використанням різних типів поверхнево-активних речовин (ПАР). Так, вперше були випробувані такі ПАР, як аспарал Ф, кокамідопропілбетаїн, оксетильований моноалкілфенол (неол АФ 9-12), етоксильований лаурилсульфат натрію (Emal 270d), кокамідопропіламіноксид САО (Євроксид СРО), стеарокс, синтанол АЛМ-10, сульфол (паста марки «технічний»). Для інтенсифікації процесу випадіння осаду була досліджена можливість застосування такого кислого агенту, як алкілбензолсульфокислоти (АБСК). У результаті досліджень найкращий результат дало поєднання неолу АФ 9-12 та АБСК.

У результаті проведених досліджень була розроблена загальна реагентна схема утилізації відпрацьованої водорозчинної емульсії «Емульсол СВК», за якою відпрацьована МОР збирається у спеціальній ємкості-усреднювачі, з якої перекачується до змішувача. У змішувачі МОР нагрівається до необхідної температури, далі зі спеціальних ємкостей додаються у необхідній

кількості реагенти: АБСК і неол. Після перемішування маса відстоюється, відбувається розділення її на шари. Оливонафтопродукти, що всплили, перекачують до спеціального резервуару для зберігання, осад, що випав, відводиться у ємкість-шламонакопичувач, а недоочищена вода потрапляє по трубопроводу до адсорбера для доочищення. Згодом очищену воду перекачують до резервуару.

Використання запропонованої технології забезпечує наступні показники: ступінь очищення — 71,4 %, вихід очищеної води — 95,3 %, вихід оливнонафтопродуктів — 1,7 %.

Вилучені оливнонафтопродукти, як товарна продукція можуть бути реалізовані різним нафтопереробним підприємствам, підприємствам, що виробляють залізобетонні конструкції, асфальт. Очищена вода може бути використана у промисловому обороті для внутрішнього споживання чи для приготування нової МОР, а при додержанні санітарних вимог може бути скинута у каналізаційну мережу підприємства чи навіть у водойми. Воду після регенерації адсорбенту можна використовувати для обмивки рухомого складу залізниці.

Дана технологія може бути застосована у металообробних цехах залізничних підприємств, а також підприємств машинобудівної, металургійної та інших галузей де у комплексі стічних вод утворюються МОР-вмісні стоки. Одним з найперспективніших прикладів використання даної технології утилізації відпрацьованої МОР є її впровадження на локальних очисних станціях локомотивних та вагонних депо, а також на комплексних утилізаційних станціях залізниці.

Таким чином, запропонована технологія забезпечує подвійний ефект: екологічний ефект (за рахунок мінімізації кількості відходів, що відносяться до III класу небезпеки, та раціонального використання водних ресурсів) та економічний ефект (за рахунок повторного використання води в оборотній системі водопостачання та оливнонафтопродуктів).

2.2. Аналіз проблеми утворення та результати досліджень у сфері очистки нафтозабруднених ґрунтів.

Значною проблемою залізниць України є аварійні витoki або технологічні проливи нафтопродуктів, що призводить до утворення такого відходу, як нафтозабруднені ґрунти. Характерними наслідками технологічної або аварійної емісії нафтопродукту є нафтове забруднення шарів ґрунту чи баластної призми. Отже, внесок таких емісій в загальну долю забруднення території залізничного підприємства досить значний і може сягати 41 % загальної території підприємства. Крім того, дуже небезпечними є інфільтраційні процеси крізь крупнодисперсні ґрунти, що формують передумови небезпеки забруднення підземних водотривких горизонтів.

При виборі методик очищення ґрунту від нафтопродуктів необхідно чітко диференціювати якісні параметри початкових умов для проведення заходів:

- тип емісії (аварійний розлив або технологічна протока);
- тип нафтопродуктів (важкі фракції або легкі фракції нафтопродуктів);
- можливість проведення очищення in-situ;
- абіотичні чинники навколишнього середовища;
- характер сировинної бази регіону.

Нами запропонована технологія очищення ґрунтів від суміші фракцій нафтопродуктів, що проводиться за

межами зони аварії, яка здійснюється після проведення операції зі зняття поверхневого забрудненого шару ґрунту чи баласту верхньої будови залізничної колії.

Запропоновано наступну технологічну схему – забруднений ґрунт зрізується і вивозиться на спеціально обладнані майданчики, де підлягає спочатку відмиванню 3–35 % розчином ПАР (синтанол), а потім обробці розчином субстрату аборигенної мікрофлори з живильним середовищем. Концентрація миючого засобу підбирається в залежності від початкової концентрації ґрунту чи баласту.

Передбачено, що очищення ґрунту чи баласту можна проводити не на майданчиках, а в спеціальних реакторах, які оснащені мішалками для інтенсифікації процесу. Це надасть мобільності устаткуванню (дозволить розмістити такі камери на залізничних платформах), що мінімізує транспортні витрати. Крім того, використання реакторів знижує кількість витрати реагенту, значно прискорює процес очистки та повернення на місце вилучення вже відновленого ґрунту чи баласту.

Відповідно до розробленої авторами схеми з'являється можливість не тільки регенерації ґрунтів в місцях аварійного чи технологічного нафтопродуктового забруднення, але й регенерація баластного щебеню при поточно-ремонтних роботах на залізничних коліях. Повний цикл реакторної обробки перебігає порядку 4 годин, при цьому після вивантаження щебеню продовжується процес біологічної очистки безпосередньо на місці його розміщення в баластній призмі колії.

Протягом 4 годин на обробку подається 4 м³ щебеню, ступінь очищення щебеню за цією схемою складає 84 % після реакторної обробки і сягає 99 % через 2 тижні в баластній призмі. Треба зазначити, що процес біологічного відновлення щебеню та ґрунтів на місці експлуатаційного розміщення успішно перебігає і при досить низьких температурах (2–6 °С), хоча незначно уповільнюється.

Крупнодисперсні ґрунти, забруднені нафтопродуктами промивають розчинами ПАР (синтанол, аспарал-Ф), або оксетильованими жирними кислотами (ОЖК). Співвідношення ґрунту і 0,05 % – ПАР дорівнює 1:15, при цьому ступінь очищення складає 98 %. Ступінь очищення баласту при подібних співвідношеннях ґрунту і ПАР складає 99,9 %. При очищенні супісків та дерново-карбонатних ґрунтів від нафтопродуктів цим же розчином при співвідношенні ґрунту і розчину 1:25 ступінь вилучення складає 92 %. Після очищення ґрунт або баласт обробляється розчином ліфалізованої аборигенної мікрофлори і ферментів та повертається на місце.

Таким чином, розроблені матриці рекомендацій щодо вибору технологій ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів, способи та технологічні схеми як очистки так і рекультивации нафтозабруднених земель є прикладом комплексного підходу до екологічної безпеки залізниць при здійсненні транспортування і використання нафтопродуктів [11].

2.3. Аналіз проблеми утворення та результати досліджень у сфері утилізації відпрацьованих оливо. Одним із найцінніших нафтовмісних відходів, що утворюється на залізницях України, є відпрацьовані моторні оливи. На підприємствах залізничного транспорту в двигунах тягового рухомого складу найчастіше застосовують дизельні оливи груп В2 та Г2, а для деяких типів рухомого складу – групи В2. Моторні оливи є дорогими дефіцитними

матеріалами, за їхньою витратою на кожний тепловоз і дизель-поїзд встановлений суворий контроль подібно тому, як це робиться по відношенню до дизельного палива. Загальний контроль за витратою оливо здійснюється теплотехніками депо, які заводять облікові картки на кожний тепловоз і дизель-поїзд і щомісяця подають звіт начальнику депо та в Управління залізниці на розгляд для вжиття заходів по раціональній витраті моторних оливо як окремими локомотивами і дизель-поїздами, так і в цілому по депо. Дані з витрат моторної оливи по депо подаються в Управління залізниці.

На підприємствах залізничного транспорту для тягового рухомого складу існує певний перелік бракувальних норм – числових значень параметрів якості, при досягненні яких мастильні матеріали втрачають функціональні властивості, що вказані у галузевій інструкції з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України ЦТ-0060 [6]. Дані аналізів порівнюють з бракувальними показниками і таким чином оцінюють експлуатаційну придатність оливи. При досягненні хоча б одним із показників бракувальних значень, проводять ряд передбачених інструкцією операцій, а саме – перевіряють роботу апаратури та обладнання і замінюють оливу.

Після вилучення відпрацьованої оливи з технологічного процесу підприємства зберігають їх у спеціальних резервуарах до подальшого утилізування або передачі для утилізування чи регенерації іншим підприємствам. При зберіганні відпрацьованих оливо підприємства мають дотримуватись вимог ГОСТ 1510-84 [7], а також технічних умов на відпрацьовані нафтопродукти, ретельно перевіряти справність і особливо герметичність резервуарів і арматури для попередження потрапляння вологи та сторонніх предметів, періодично очищувати ємкості від осаду, що утворюється в результаті відстоювання оливи [8]. Крім того, зберігання на території підприємства відпрацьованих оливо несе в собі не тільки потенційний ризик з боку пожежонебезпеки, але й з боку екологічної безпеки підприємства.

Все це вимагає додаткових витрат, крім того період зберігання відпрацьованих оливо може бути невизначеним. Це зумовлено тими обставинами, що самі залізничні підприємства не можуть проводити відновлення первинних властивостей відпрацьованих оливо для подальшого повернення їх у технологічний процес через відсутність відповідних технологій та їх впровадження. Також ці відходи не можуть бути утилізовані, наприклад, шляхом спалення через емісію значної кількості шкідливих речовин, насамперед сполук важких металів. В цілому, підприємств, які б виконували переробку оливи, що використовуються на лінійних підрозділах залізниці, замало. Передача відпрацьованих оливо нафтопереробним заводам, де їх спільну переробку у суміші з сировою нафтою можна проводити по повній технологічній схемі, ускладнюється наявністю забруднень та присадок, що негативно впливають на роботу електрознесолюючих пристроїв, погіршують процес розділення нафти, підвищують вміст нафтопродуктів у стічних водах.

Вищезазначені фактори зумовили необхідність розробки нової технології та регенераційного блоку, які б могли широко застосовуватись на підприємствах залізничної інфраструктури.

Основними напрямками переробки відпрацьованих оливо є спільна переробка у суміші з нафтою на

нафтопереробних заводах та цілова їх переробка з отриманням компонентів оливи (регенерація).

Спільну переробку відпрацьованих оливи у суміші з нафтою можна проводити на нафтопереробних заводах по повній технологічній схемі, кількість оливи, що додаються при цьому, не повинно перевищувати 1 % від об'єму сирової нафти. Але наявність забруднень та присадок у відпрацьованих оливах негативно впливає на роботу електрознесолюючих пристроїв, погіршує процес розділення нафти, підвищує вміст нафтопродуктів у стічних водах [9, 10]. Основним методом на сьогодні вважається регенерація відпрацьованих оливи; цей спосіб є економічно рентабельним, тому що при правильній організації процесу вартість відновленої оливи на 40–70 % нижча за ціну свіжих оливи при практично однаковій їхній якості.

Регенерація оливи здійснюється або безперервним їх очищенням під час роботи у циркуляційних системах промислового обладнання та двигунів за допомогою фільтраційних пристроїв та центрифуг, або відновленням відпрацьованих оливи, що зливаються із різноманітних агрегатів та обладнання, на оливорегенераційних приладах, як правило, у стаціонарних умовах (спеціальні оливорегенераційні станції, цехи, заводи). Методи регенерації можна поділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані. На практиці найбільш поширеними є комбіновані методи, які у найбільшій мірі забезпечують якісне очищення відпрацьованих оливи.

Нами проводились дослідження різних методів відновлення відпрацьованих оливи марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС локомотивних депо Придніпровської залізниці.

У ході дослідження оливу з вихідною забрудненістю 1305,00 см⁻¹ (у випадку оливи марки М-14В₂) та 1203,00 см⁻¹ (у випадку оливи М-14Г₂ЦС) нагрівали до 50–55 °С, змішували її протягом 30 хв. зі швидкістю 1500 об./хв. з кожним ПАР по черзі при кількості кожної ПАР 1, 2, 3 мас. %, а далі відстоювали оливу з ПАР протягом 168 год., тобто 7 діб. Далі, після видалення осаду, проби центрифугували протягом 1 години у лабораторній центрифугі. Для інтенсифікації процесу випадіння осаду була досліджена можливість застосування такого кислого агента, як алкілбензолсульфофосфат (АБСК). У подальших випробуваннях вона виступала у якості коагулянту, а ПАР — флокулянтів.

На основі цих експериментальних досліджень була встановлена залежність ступеню їх освітлення (зменшення забрудненості) після додавання різних типів ПАР та ПАР з АБСК у різних кількостях.

З отриманих результатів нами був зроблений висновок про те, що помітний результат для оливи М-14В₂ дали неонол, Євроксид СРО, кокамідопропілбетаїн; і неонол та Emal 270d для оливи М-14Г₂ЦС відповідно. Поєднання АБСК (у кількості 1 мас. %) з ПАР (у кількості 3 мас. %) дало результат тільки у випадку поєднання її з неолом; у всіх інших випадках потрібних змін не відбулось.

Досліджувані показники досягли оптимальних незмінних значень після обробки відпрацьованої моторної оливи реагентами та центрифугування; при цьому: для оливи М-14В₂ 2,7 мас. % — мінімальна доза неону, при введенні якої процес седиментації проходить швидко та ефективно; максимальний вихід очищеної оливи при цьому склав 90,01 %; для оливи М-14Г₂ЦС мінімальна

доза неону склала 2,0 мас. %; максимальний вихід очищеної оливи у цьому випадку склав 94,12 %.

Зроблені висновки дозволили запропонувати високоефективний метод освітлення моторних оливи марок М-14В₂ та М-14Г₂ЦС із застосуванням ПАР неону та алкілбензолсульфофосфату [4, 5]. При цьому у випадку М-14В₂ її можна рекомендувати для повторного використання, а оливу М-14Г₂ЦС рекомендувати як альтернативну промивну рідину-оливу.

3. Висновки

Розроблені технології є тільки частковим вирішенням загального завдання об'єктів, що приймають участь у нафтообороті, щодо впровадження принципів раціонального використання природних ресурсів. Тому розробка таких технологій стає сьогодні вельми актуальною і важливою для транспортного сектору, особливо для залізничного транспорту.

Література

1. Ансеров, Ю. М. Машиностроение и охрана окружающей среды [Текст] / Ю. М. Ансеров, В. Д. Дурнев. — М.: Машиностроение, 1989. — 224 с.
2. Костюк, В. И. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий [Текст] / В. И. Костюк, Г. С. Карнаух. — Киев: Техника, 1990. — 120 с.
3. Смирнов, Д. Н. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов [Текст] / Д. Н. Смирнов, В. Е. Генкин. — М.: Металлургия, 1989. — 224 с.
4. Спосіб регенерації відпрацьованої моторної оливи [Текст]: пат. 95154 Україна: МПК С 10 М 175/00 / Безовська М. С., Зеленько Ю. В., Яришкіна Л. О., заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. — № а 2009 13563; заявл. 25.12.2009; опубл. 11.07.2011, Бюл. № 13. — 4 с.
5. Спосіб очистки відпрацьованої моторної оливи для дизелів [Текст]: пат. 70077 Україна: МПК С 10 М 175/00 / Безовська М. С., Зеленько Ю. В., заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. — № у 2011 13558; заявл. 18.11.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10. — 3 с.
6. Інструкція з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України [Текст]: ЦТ-0060. — Введ. 2003-21-04. — К.: Стандарт, 2003. — 51 с.
7. ДСТУ 4454:2005. Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання [Текст]: — Введ. 2006-07-01. — К.: Держспоживстандарт, 2006. — 34 с.
8. Никулин, Ф. Е. Утилизация и очистка промышленных отходов [Текст] / Ф. Е. Никулин. — Л.: Судостроение, 1980. — 232 с.
9. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения [Текст] / Плахотник В. Н., Яришкіна Л. А., Сираков В. И. и др. — К.: Транспорт Украины, 2001. — 244 с.
10. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления: учебное пособие [Текст] / В. И. Сметанин. — М.: КолосС, 2003. — 230 с.
11. Зеленько, Ю. В. Наукові основи екологічної безпеки технології транспортування та використання нафтопродуктів на залізничному транспорті [Текст]: монографія / Ю. В. Зеленько. — Дніпропетровськ: Вид-во Маковецький, 2010. — 192 с. — ISBN 978-966-1507-46-2.

РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

В статье изучаются проблемы образования и обращения с нефтесодержащими отходами железных дорог, а именно смазочно-охлаждающими жидкостями, нефтезагрязненными почвами и отработанными моторными маслами. Рассмотрены основные технологии утилизации таких отходов. Приведены

данные экспериментальных исследований, предложены высокоэффективные методы утилизации рассмотренных отходов, которые можно внедрять на железной дороге и на предприятиях других отраслей экономики Украины.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающие жидкости, нефтезагрязненные почвы, масла, утилизация, поверхностно-активные вещества.

Зеленко Юлія Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра хімії та інженерної екології, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, e-mail: j.zelenko@mail.ru.

Безовська Марина Сергіївна, асистент, кафедра хімії та інженерної екології, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, e-mail: marina84@ua.fm.

Лециньська Анна Львівна, асистент, кафедра хімії та інженерної екології, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, e-mail: nuto4ka87@bk.ru.

Зеленко Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент, кафедра химии и инженерной экологии, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна.

Безовская Марина Сергеевна, ассистент, кафедра химии и инженерной экологии, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна.

Лециньская Анна Львовна, ассистент, кафедра химии и инженерной экологии, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна

Zelen'ko Yuliya, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazarian, e-mail: j.zelenko@mail.ru.

Bezovs'ka Marina, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazarian, e-mail: marina84@ua.fm.

Leshchyns'ka Anna, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazarian, e-mail: nuto4ka87@bk.ru.

УДК 678.023

Швед М. П.,
Швед Д. М.,
Луценко І. В.,
Богатир А. С.

ПЕРЕВАГИ ВИКОРИСТАННЯ КАСКАДНИХ СХЕМ ТА ДОЗУЮЧИХ ШЕСТЕРЕННИХ НАСОСІВ ПРИ ЕКСТРУЗІЇ ПОЛІМЕРІВ

У статті наведено параметри, які характеризують процес екструзії та представлено аналіз основних схем екструзійних установок.

Розглянуто точність дозування, зміну тиску та температури при екструзії полімерів на різних типах екструдерів: черв'ячний, черв'ячний з використанням дозуючого шестеренного насоса, каскадний дисково-черв'ячний, каскадний дисково-шестеренний. Визначено ефективність застосування шестеренного насосу завдяки підвищенню точності дозування та зменшення середньої температури розплаву.

Ключові слова: екструзія, каскадна установка, полімер, шестеренний насос, екструдат.

1. Вступ

Розширення асортименту полімерів і пластмас, суттєве збільшення їхнього виробництва потребують створення високопродуктивного та ресурсоенергозощадного обладнання для їх переробки у найрізноманітніші виробу. Найбільш ефективним є екструзійне обладнання, серед якого найчастіше використовуються одночерв'ячні екструдери.

Для отримання виробів високої якості необхідно, щоб робота екструдера і процеси, які проходять в ньому були стабільні і протікали в рівноважному режимі. Проте, на практиці це складно реалізується. Оскільки існує ряд факторів від яких залежать продуктивність екструдера та кількість екструдату. В наслідок цього більшість екструзійних установок працює з коефіцієнтом корисної дії 45–75 % при задовільній якості екструдату. Якість розплаву, який поступає на формування та якість готового виробу знаходиться у тісному взаємозв'язку з продуктивністю і залежить від конструктивних особливостей черв'яка і циліндра — головних робочих органів екструдера [1, 3, 5].

Тому при виборі конструктивних параметрів екструдера основна задача складається з забезпечення високої якості розплаву при заданій продуктивності та при мінімальних затратах енергії.

Метою роботи є аналіз відомих схем екструзійних установок, методів підвищення якості готових виробів при заданій продуктивності та при зменшенні енергозатрат на виробництво.

2. Постановка проблеми

Процеси, які проходять під час екструзії вельми складні. Це пов'язано з різноманітністю якості сировини, наявністю різних взаємопов'язаних між собою технологічних операцій, а також рядом регульованих та нерегульованих зовнішніх факторів, які і визначають характер процесу екструзії. Параметри, які характеризують і визначають процес екструзії представлені в табл. 1.

Оцінити та врахувати ступінь впливу всіх параметрів на процес екструзії складно. Внаслідок того, що більшість термопластів суттєво відрізняються за своїми механічними та теплофізичними властивостями

Таблиця 1

Параметри, які характеризують і визначають процес екструзії

Властивості сировини		
Механічні	Фізичні	Хімічні
Форма і розмір гранул Сипкість Коефіцієнт тертя	Густина Теплопровідність Питома теплосмність Температура плавлення В'язкість розплаву	Розподіл молекулярної маси Вологість Вміст газу Термостійкість
Технологічні операції		
Зона завантаження і плавлення	Зона дегазації	Зона розвантаження
Подача сировини Транспортування Стиснення Плавлення Попередня гомогенізація	Дозування Зняття напруг Дегазація	Створення тиску Дозування Підтримка рівно температурного режиму Змішування Фільтрування
Зовнішні фактори		
Геометричні розміри	Потужність	Параметри, які регулюються
Черв'як Циліндр Формуючий інструмент	Привід Обігрів Охолодження	Частота обертання черв'яка Температура Вакуум Час перебування матеріалу в екструзії

і для кожного виробу встановлюють свій режим роботи екструдера. Зрозуміло, що конструкція черв'яка, яка є оптимальною для переробки одного полімеру може не підходити для іншого [2, 6, 10].

Для забезпечення заданої продуктивності в системі привода можливо передбачити практично будь-яку частоту обертання черв'яка, а для підтримання якості розплаву на необхідному рівні в екструдерах, що оснащені звичайними трьохзонними черв'яками можливі два шляхи:

- 1) збільшення довжини гвинтового каналу черв'яка, тобто подовження шляху, який проходять гранули полімеру від загрузочної воронки до формувального інструмента;
- 2) застосування різноманітних змішувачих елементів, які встановлюються по довжині екструдера.

Для підвищення змішувальної здатності черв'яка і отримання гомогенізованого розплаву запропоновані змішувальні елементи у вигляді кулачків, штифтів, торпед. З цією ж метою використовують хвильоподібні черв'яки, які мають ексцентричне положення послідовних ділянок гвинтового каналу та конструкції Майлефера [2].

Проте, використання змішувальних елементів та удосконалення геометрії звичайних трьохзонних черв'яків призводить до їх ускладнення та зниження напірної характеристики екструдерів, дозволяючи лише в незначній мірі покращити якість розплаву і підвищити продуктивність екструдерів [8].

В зв'язку з цим в останній час одним із основних напрямків підвищення продуктивності й поліпшення якості розплаву перероблюваного матеріалу є створення двостадійних, або каскадних агрегатів. Такі схеми мають у своєму складі два, або більше екструдерів з роздільними приводами, що дозволяють розділити процес екструзії на окремі стадії і автономно керувати кожною стадією, наприклад за рахунок керування числа обертів.

3. Аналіз літературних джерел за темою дослідження

Каскадні установки в порівнянні з традиційними черв'ячними екструдерами характеризуються кращими питомими показниками та широкою номенклатурою перероблюваних матеріалів. Невелике співвідношення довжини робочої частини черв'яка L до його діаметра D зменшує зношування робочих органів, полегшує їхню виготовлення і ремонт. Крім того, з'являється можливість підвищити змішувальну здатність екструдера [4, 7].

Використання каскадних установок дозволяє встановлювати раціональні режими роботи виділених операцій при якісному веденні усього технологічного процесу. При створенні таких екструдерів необхідно вирішувати ряд наступних завдань:

- виділення з технологічного процесу переробки основних операцій;
- визначення можливості їх інтенсифікації;
- вибір відповідних агрегатів та вузлів, які забезпечують проведення і керування цими операціями;
- визначення можливостей погодження їх сумісної роботи.

На першій стадії каскадних агрегатів зазвичай використовують одночерв'ячний, дисковий, або двочерв'ячний екструдери. Як правило, друга стадія представлена одночерв'ячним екструдером. З метою ефективної переробки полімерів в якості першого каскаду використовують дискові, або двочерв'ячні екструдери, які забезпечують більш якісне змішування і гомогенізацію розплаву, ніж одночерв'ячний екструдер.

Технологія багатостадійної екструзії використовується фірмами Battenfeld, Barmag (Німеччина), Buss (Швейцарія), Mitsubishi Petrochemical (Японія) та іншими.

Використання каскадних установок має ряд переваг. По-перше, розмежування операцій дає змогу автономно і більш точно корегувати технологічні режими й порівняно просто досягати оптимальних результатів на окремих

стадіях, забезпечуючи високу якість екструдату за умови максимальної продуктивності. По-друге, поділ екструдера «на дві частини» дає змогу ефективно організувати на проміжній ділянці їх поєднання видалення летких речовин (дегазацію полімеру), що суттєво поліпшує якість одержуваних напівфабрикатів і виробів (зводиться до мінімуму можливість появи у виробках бульбашок, раковин, каверн та інших дефектів) [9].

Проте невирішеною залишається проблема пульсації тиску, які викликані флуктуацією параметрів сировини на вході в екструдер, відносно нестабільністю температури в різних зонах екструдера, що призводять до перевитрати сировини, яка може сягати 5–8 %.

4. Виклад основного матеріалу дослідження

Найбільш ефективним шляхом вирішення проблем пульсації тиску, перевитрати сировини й енергії є встановлення дозуючого шестеренного насоса перед формуючим інструментом. Використання [2, 3].

Завдяки тому, що шестеренний насос не просто перекачує розплав полімеру, а й створює та стабілізує необхідний тиск для проходження розплаву через головку екструдера, то робота самого екструдера тепер спрямована тільки на розплавлення та гомогенізацію полімеру, що безумовно є перевагою даної каскадної схеми екструзії.

Дослідження по визначенню точності дозування, жорсткості напірної характеристики, зростання температури та питомих витрат енергії проводились в лінії для виробництва рукавної плівки ЛРП-600 з використанням в якості розплавлювачів-гомогенізаторів червячного екструдера ЧП – 45 × 25 з модифікованим шестеренним насосом НШ-32 виробництва Каменського машинобудівного заводу та без нього, каскадних дисково-червячного та дисково-шестеренного екструдерів при наступних параметрах: матеріал – поліетилен низької густини марки 15803-020, продуктивність – 40 кг/год, опір формувальної головки 25 МПа, технологічно задана температура на виході з формувальної головки 170 °С.

У табл. 2 та на рис. 1, 2 приведені результати досліджень екструзії полімеру у вигляді порівняльних характеристик.

Таблиця 2

Порівняльні характеристики екструдерів різних типів

Тип екструдера	Номинально задана продуктивність, кг/год	Фактична продуктивність, кг/год	Перевитрата сировини за 7200 годин, кг	Підвищення температури ΔT , °С	Питома витрата енергії, кВт/(кг/год)
Одночерв'ячний	40	43,2	23040	20—25	0,56
Одночерв'ячний з шестеренним насосом	40	40,4	2880	3—5	0,5
Каскадний дисково-черв'ячний	40	43,4	23146	22—30	0,38
Каскадний дисково-шестеренний	40	40,4	2880	3—5	0,33

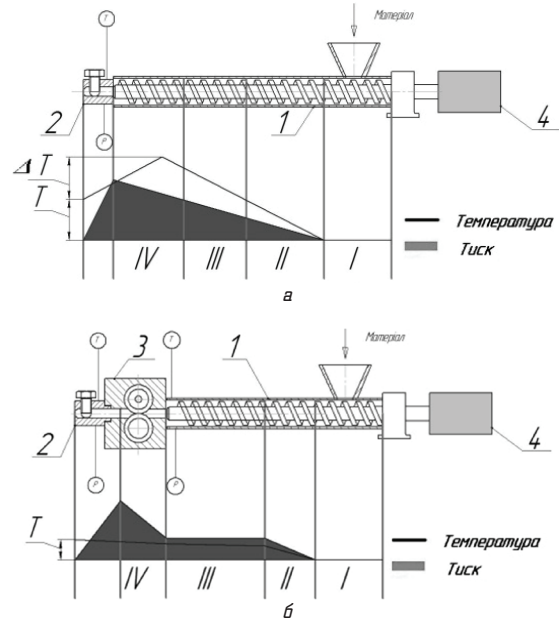


Рис. 1. Зміна температури й тиску по зонах в черв'ячних екструдерах: а — без шестеренного насоса; б — з шестеренним насосом 1 — екструдер, 2 — головка екструзійна, 3 — шестеренний насос, 4 — приводи, I — зона живлення, II — зона пластифікації, III — зона гомогенізації, IV — зона створення тиску

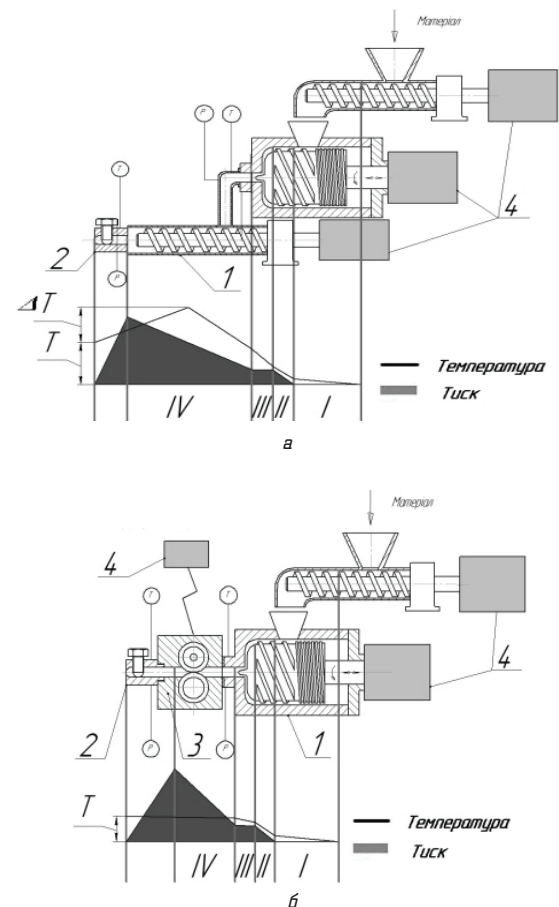


Рис. 2. Зміна температури й тиску по зонах в каскадних екструдерах: а — схема каскадного дисково-черв'ячного екструдера; б — схема каскадного дисково-шестеренного екструдера 1 — екструдер, 2 — головка екструзійна, 3 — шестеренний насос, 4 — приводи, I — зона живлення, II — зона пластифікації, III — зона гомогенізації, IV — зона створення тиску

Аналіз отриманих даних показує, що використання шестеренного насоса між черв'ячним екструдером і формуючим інструментом дозволяє збільшити зону гомогенізації III, що покращує гомогенізуючу здатність самого екструдера, або ж дозволяє виконувати більше технологічних операцій при тій же довжині шнека. При цьому точність дозування підвищилась до 1–2 %, а середня температура розплаву полімеру зменшилась на 8–15 °С, що дозволяє зменшити тривалість екструзії та питомі витрати енергії.

При застосуванні каскадних екструдерів вдається більш чітко встановлювати оптимальні режими екструзії з нижчою енергоємністю за рахунок того, що процес плавлення та гомогенізації в дисковому екструдері проходить за високих швидкостей зсуву та відносно невеликих тисків, але у варіанті дисково-черв'ячного екструдера розплаву все ж перегрівається в зоні дозування і напірна характеристика цієї зони значно падає. В той час як в дисково-шестеренному екструдері цих недоліків вдається уникнути, що дає змогу отримувати технологічно необхідну температуру розплаву, заощаджуючи енергію на його перегріванні та наступному охолодженні. Крім того, каскадна схема екструзії полімеру дозволяє зменшити зони пластифікації II та гомогенізації III, а також проводити жорсткий контроль підведення енергії до матеріалу на кожній стадії процесу за рахунок регулювання величини робочого зазору та частоти обертання диска при незмінній продуктивності («голодне живлення»).

5. Висновки

Використання шестеренного насоса у каскадних установках перед формуючим елементом дає змогу збільшити зону гомогенізації, що суттєво підвищує якість отримуваної продукції. Точність дозування підвищилась до 1–2 %, а середня температура розплаву полімеру зменшилась на 8–15 °С, що дозволяє зменшити тривалість екструзії та питомі витрати енергії.

Реалізація екструзійних схем з шестеренним насосом дозволяє досягти високого ресурсоенергозберігаючого ефекту.

Література

1. Крыжановский, В. К. Производство изделий из полимерных материалов [Текст] / В. К. Крыжановский, М. Л. Кербер, В. В. Бурлов, А. Д. Панаматченко. — СПб.: Профессия, 2008. — 460 с.
2. Ким, В. С. Теория и практика экструзии полимеров [Текст] / В. С. Ким. — М.: Химия, 2005. — 567 с.
3. Раувендааль, К. Экструзия полимеров [Текст]: пер. с англ. — А. Я. Малкина. — СПб.: Профессия, 2006. — 768 с.
4. Мак-Келви, Д. М. Переработка полимеров [Текст] / Д. М. Мак-Келви. — М.: Химия. — 1965. — 442 с.
5. Бернхард, Э. Переработка термопластичных материалов [Текст] / Э. Бернхард. — М.: Химия. — 1965. — 748 с.
6. Jacobi, H. R. Screw Extrusion of Plastics [Текст] / H. R. Jacobi // Karl Hanser Verlag. — 1960 — Т. 31(1). — С. 105–127.
7. Tadmor, Z. Engineering Principles of Plasticating Extrusion [Текст] / Z. Tadmor, T. Klein // Modern Plastics. — 1970. —Т. 1(6). — С. 46–54.
8. Maxwell, B., Scalore, L. Mashin for Extrusion [Текст] / B. Maxwell, L. Scalore // van Nostrand Romhold comp. — 1970. — Т. 51(4). — С. 7–18.
9. Collings, S. Plastics Machinery and Equipment [Текст] / S. Collings // Nature. — 1982. —Т. 5(2). — С. 26–29.

10. Donovan, R. A Theoretical Melting Model for Plasticating Extruders [Текст] / R. Donovan // Polym. Eng. Sci. — 1971. — Т. 100(11). — С. 247–257.

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАСКАДНЫХ СХЕМ И ДОЗИРУЮЩИХ ШЕСТЕРЕННЫХ НАСОСОВ ПРИ ЭКСТРУЗИИ ПОЛИМЕРОВ

В статье представлены параметры, которые характеризуют процесс экструзии и приведен анализ основных схем экструзионных установок.

Рассмотрены точность дозирования, изменения давления и температуры при экструзии полимеров на разных типах экструдеров: червячный, червячный с использованием дозирующего шестеренного насоса, каскадный дисково-червячный, каскадный дисково-шестеренный. Определена эффективность использования шестеренного насоса благодаря повышению точности дозирования и уменьшения средней температуры расплава.

Ключевые слова: экструзия, каскадная установка, полимер, шестеренный насос, экструдат.

Швед Микола Петрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Швед Дмитро Миколайович, провідний інженер, кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут».

Луценко Ірина Вікторівна, студент-магістрант, кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», e-mail: irusnik@bigmir.net.

Богатыр Анна Сергіївна, студент-магістрант, кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», e-mail: annabogaty@mail.ru.

Швед Николай Петрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт».

Швед Дмитрий Николаевич, ведущий инженер, кафедра машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт».

Луценко Ирина Викторовна, студент-магистрант, кафедра машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт».

Богатырь Анна Сергеевна, студент-магистрант, кафедра машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт».

Shwed Nicolay, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute».

Shwed Dmytro, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute».

Lutsenko Iryna, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», e-mail: irusnik@bigmir.net.

Bogatyry Anna, National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute», e-mail: annabogaty@mail.ru.

Онасенко Ю. А.,
Песчанская В. В.

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПРОЦЕССЫ ФАЗООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ «ЦЕМЕНТ «GORKAL-70» — МИКРОКРЕМНЕЗЕМ»

В данной статье приведены результаты исследований высокотемпературных процессов фазообразования в системе «цемент «Gorkal-70» — микрокремнезем» на модельных смесях цемента и низкокачественного микрокремнезема. Определено минерализующее действие примесей микрокремнезема в процессе образования кристаллических и аморфных фаз в исследуемой системе. Установлена возможность направленного регулирования состава продуктов синтеза высокотемпературных фаз путем изменения соотношения компонентов модельных смесей.

Ключевые слова: огнеупорный бетон, цемент, микрокремнезем, температурный нагрев, фазовый состав.

1. Введение

В технологии изготовления изделий и монолитных футеровок тепловых агрегатов из жаропрочных и огнеупорных бетонов применение микрокремнезема, в качестве модифицирующей добавки, является не только эффективным инструментом направленного регулирования реологических и технологических свойств бетонных масс, но и определяет его роль как активного участника физико-химических процессов высокотемпературного синтеза новых фаз [1–7].

Учитывая полифункциональность действия микрокремнезема в модифицированных огнеупорных бетонах, исследование особенностей фазообразования в системе «алюминаткальциевый цемент — микрокремнезем» в условиях термического нагрева являются актуальными для проектирования составов огнеупорных бетонов и дальнейшего развития технологии их изготовления.

2. Постановка проблемы

Высокотемпературные процессы образования кристаллических и аморфных фаз в системе « Al_2O_3 -CaO-SiO₂» определяются количественным соотношением минеральных фаз. Для композиции «алюминаткальциевый цемент — микрокремнезем» минералогический и химический состав, содержание примесей в микрокремнеземе определяют скорость протекания физико-химических процессов образования новых фаз, их состав и свойства, что оказывает существенное влияние на огнеупорность, химическую и термическую стойкость, высокотемпературную конструкционную прочность огнеупорных бетонов. Установление закономерностей изменения фазового состава в системе «алюминаткальциевый цемент — микрокремнезем» позволяет решить задачу направленного регулирования минералогического состава вяжущего компонента бетона, обеспечивающего формирования эффективной макро- и микроструктуры и свойств огнеупорных бетонов.

3. Анализ литературных данных и постановка задач

Морфологические особенности, химический состав микрокремнезема, его количество определяют избирательность действия примесей на коллоидно-химические и структурно-механические процессы, характер и кинетику гидратации глиноземистых и высокоглиноземистых цементов, тип и состав новообразований и являются факторами, изменяющими характер протекания физико-химических процессов в условиях температурного воздействия [5, 9–10].

По результатам исследований фазового состава алюмосиликатных бетонов, содержащих 5–16 % микрокремнезема и 5 % цемента «Gorkal-70», установлено образование при 1100 °С кристобалита из аморфной фазы и продукта реакции алюминаткальциевых минералов цемента и микрокремнезема — анортита, а при 1300 °С — тридимита и аморфизированной фазы [5, 8]. Кроме того, показано, что аморфное высокоактивное состояние микрокремнезема приводит к раннему накоплению жидкой фазы, спеканию материала и уплотнению структуры бетона. Исследованием термических превращений в композициях «электроркорунд — реактивный глинозем — цемент — микрокремнезем» установлено образование анортита и ортосиликата кальция в интервале температур 1200–1450 °С, количество которых увеличивается по мере увеличения содержания цемента в тонкозернистой составляющей бетонов [5].

Вследствие сложности и многофакторности физико-химических процессов в системе «алюминаткальциевый цемент — микрокремнезем», актуальной задачей является дальнейшее развитие представлений о механизме взаимодействия клинкерных минералов высокоглиноземистого цемента и микрокремнезема.

4. Экспериментальная часть

Для проведения исследований использовали микрокремнезем низкого качества (шламовые отходы Стахановского завода ферросплавов) и высокоглиноземистый

цемент «Gorkal-70» (Польша). Микрокремнезем характеризовался следующим химическим составом: SiO_2 — 88,6 %, Al_2O_3 — 1,7 %, $\text{CaO} + \text{MgO}$ — 2,4 %, Fe_2O_3 — 3,2 %, $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$ — 1,1 %, C — 2,8 %, SO_3 — 0,2 %. По результатам петрографического анализа и электронной микроскопии установлено, что микрокремнезем представляет собой сегрегированные конгломераты с частицами размером до 4 мкм (преимущественно < 1 мкм) сферической и удлиненной формы с включениями частиц оксида железа округлой формы размером от 4 мкм до 12 мкм и их сростков до 30 мкм; углеродсодержащего вещества в виде сростков размером до 40 мкм.

Изучение процессов фазообразования в системе «алюминаткальциевый цемент — микрокремнезем» в интервале температур 20–1300 °С проводили на гидратированных модельных смесях цемента (Ц) и микрокремнезема (МК) при соотношении Ц : МК = 3:1; 1:1; 1:3, образцах цемента (водотвердое отношение В/Т = 0,40) и микрокремнезема (В/Т = 0,65) после 2-х суток твердения на воздухе и после обжига при 1000 °С и 1300 °С с выдержкой 3 часа. Исследования проводились с использованием дифференциально-термического (ДТА) и рентгенофазового анализов (РФА) на дериватографе «Q-1500D» и дифрактометре ДРОН-3.

Дифрактограммы гидратированных материалов приведены на рис. 1. Микрокремнезем (рис. 1,а) представлен аморфной фазой с включениями $\alpha\text{-SiO}_2$ ($d(\text{Å})$ — 2,58, 2,28, 1,82), Fe_2O_3 ($d(\text{Å})$ — 1,82, 1,69, 1,45), SiC ($d(\text{Å})$ — 1,56, 1,52) и C ($d(\text{Å})$ — 3,35). Дифракционные максимумы $d(\text{Å})$ — 2,66, 2,16 соответствуют структурам CASH. Минералогический состав цемента (рис. 1,б) представлен алюминаткальциевыми кристаллогидратами C_3AH_6 ($d(\text{Å})$ — 3,29, 2,57), C_2AH_8 ($d(\text{Å})$ — 2,82, 2,57), C_3AH_6 ($d(\text{Å})$ — 3,16, 2,57, 1,67), AH_3 ($d(\text{Å})$ — 4,35, 2,37, 2,03), и несвязанными в гидраты моноалюминатом кальция CA ($d(\text{Å})$ — 2,93, 2,50, 2,17, 1,91), диалюминатом кальция CA_2 ($d(\text{Å})$ 2,76, 2,607), $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ($d(\text{Å})$ — 1,37, 1,58). Сравнительный анализ дифрактограмм цемента (рис. 1,б) и композиции Ц : МК = 3:1 (рис. 1,в) указывает на то, что снижение интенсивности дифракционных максимумов CA ($d(\text{Å})$ — 2,93, 2,50, 2,19) при одновременном увеличении количества пиков алюмогеля AH_3 ($d(\text{Å})$ — 4,33, 2,38, 2,05, 1,78) и кристаллогидратов C_3AH_6 ($d(\text{Å})$ — 7,02, 2,57, 2,36), C_2AH_8 ($d(\text{Å})$ — 5,47, 2,85, 2,57, 1,73), C_3AH_6 ($d(\text{Å})$ — 2,57, 2,05, 1,67), обусловлено ускорением процессов гидратации цемента в присутствии микрокремнезема. Увеличение содержания микрокремнезема (Ц : МК = 1 : 1) сопровождается интенсивным образованием структур CASH ($d(\text{Å})$ — 2,17, 1,94, 1,28) и алюмогеля AH_3 — $d(\text{Å})$ — 2,37, 4,31, 2,03, 2,04, 1,99, 1,79 (рис. 1,в).

Об ускорении процессов осаждения кристаллогидратов свидетельствует увеличение интенсивности дифракционных максимумов кристаллогидратов C_3AH_6 , C_2AH_8 ($d(\text{Å})$ — 3,29, 2,57). Существенное изменение дифракционной картины композиции Ц : МК = 1:3 (рис. 1,д), отражает преобладание структур CSH и CASH ($d(\text{Å})$ — 3,04, 2,81, 1,83 и 2,66, 2,15, 1,94), и свидетельствует о замедлении процессов гидратации цемента вследствие образования гелеобразных структур.

Согласно результатам ДТА (рис. 2) на термограмме гидратированного образца микрокремнезема (рис. 2,а) наблюдаются 1 экзотермический и 5 эндотермических эффектов, обусловленных удалением адсорбционно-свя-

занной воды (max 130 °С, 240 °С, 340 °С), окислением серо-, углеродсодержащих примесей и дегидратацией структур CASH (max 630 °С, 845 °С), процессами кристаллизации аморфной фазы интервале температур 1100–1140 °С. Вид термограммы гидратированного образца цемента (рис. 2,б) и интервалы температур экзо- и эндоэффектов характерны для гидратированных минералов цемента [7].

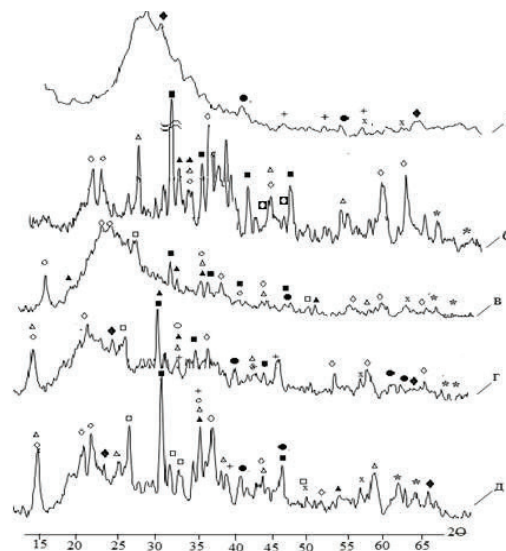


Рис. 1. Дифрактограммы гидратированных образцов и композиций: а — микрокремнезем (МК); б — цемент (Ц); в — Ц : МК = 3:1; г — Ц : МК = 1:1; д — Ц : МК = 1:3. ○ — C_3AH_6 ; △ — C_2AH_8 ; ▲ — C_2AH_8 ; ■ — CA ; □ — CA_2 ; ◻ — CSH; ● — CASH; ◊ — AH_3 ; + — $\alpha\text{-SiO}_2$; × — Fe_2O_3 ; ◆ — $\text{SiC} + \text{C}$; * — $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$

Эндоэффекты в интервале температур 100–340 °С (max 160 °С, 300 °С) обусловлены ступенчатой дегидратацией C_3AH_6 и C_2AH_8 с перекристаллизацией в стабильную форму C_3AH_6 и образованием бемита. Эндоэффект при 520–560 °С связан с выделением кристаллизационной воды из бемита и переходом в $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, а также удалением остаточной химически связанной воды из C_3AH_6 . Образование моноалюмината кальция и модификационные превращения $\gamma \rightarrow \alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ соответствует экзоэффекту при 965 °С.

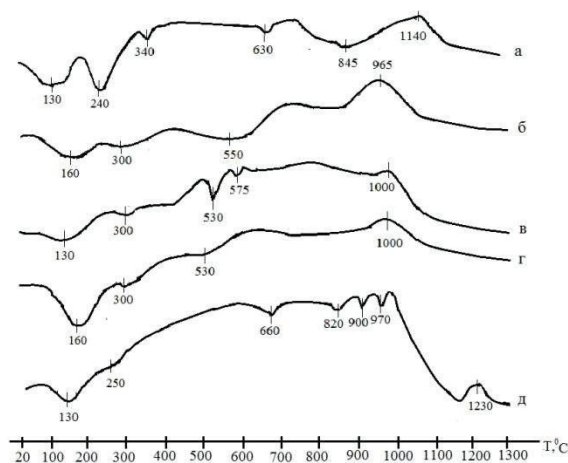


Рис. 2. Термограммы исследуемых образцов и модельных смесей: а — МК; б — Ц; в — Ц : МК = 3:1; г — Ц : МК = 1:1; д — Ц : МК = 1:3

Сопоставительный анализ термограмм модельных смесей (рис. 2, в, з, д) и их составляющих (рис. 2, а, б) свидетельствует о существенном влиянии соотношения Ц : МК на протекание процессов кристаллизации новообразований при нагревании. Так, при соотношении Ц : МК = 3:1 (рис. 2, в) наблюдается смещением в область более низких температур эндоэффекта с максимумом при 130 °С. Ступенчатая дегидратации алюминаткальциевых гидратов и алюмогеля с образованием C_3AH_6 и бемита сопровождается сужением эндоэффекта при 300 °С по сравнению с образцом цемента (рис. 2, б), что свидетельствует о более глубоком прохождении гидратации цемента в присутствии микрокремнезема, и объясняет наличие четко выраженных эндоэффектов при 530 °С, 575 °С (рис. 2, в). Экзоэффект, соответствующий образованию алюмината кальция и $\alpha-Al_2O_3$, смещается в область более высокой температуры — 1000 °С (рис. 2, б, в) вследствие кристаллизации фаз из аморфного кремнезема (рис. 2, а). Отличием термограмм цемента и композиции Ц : МК = 1:1 и (рис. 2, б, в) является наличие эндоэффекта с максимумом при 160 °С и 545 °С и отсутствие эндоэффекта с максимумом 575 °С (рис. 2, з, д). Вероятно, микрокремнезем, ускоряя процессы растворения цемента, активно участвует в образовании гелеобразных структур типа CASH и CSH (рис. 1, в, з), что объясняет исчезновение эндоэффекта при температуре 575 °С (рис. 2, з, д). В процессе температурного нагрева модельной смеси Ц : МК = 1:3 в большей мере проявляются эндоэффекты характерные для МК (рис. 2, а) с максимумами при 130 °С, 660 °С и 820 °С (рис. 2, д). Эндоэффекты при 900 °С и 970 °С, по-видимому, являются результатом наложения экзотермического эффекта образования моноалюмината кальция, вследствие глубокой дегидратации CASH и CSH и началом образования кальцийалюмокремнеземистых соединений. Смещение экзотермического эффекта в область более высоких температур 1160–1260 °С (max 1230 °С) свидетельствует о кристаллизации аморфного микрокремнезема и образовании алюмосиликатов кальция.

По результатам РФА образцов после обжига при 1000 °С (рис. 3) установлено, что вследствие минерализующего действия примесей, образец микрокремнезема (рис. 3, а) характеризуется наличием пиков, соответствующих кристобалиту ($d(\text{Å}) - 4,08, 2,86, 2,49$) и тридимиту ($d(\text{Å}) - 2,49$). Образование в микрокремнеземе кальцийалюмокремнеземистых соединений анортита ($d(\text{Å}) - 3,20$) и геленита ($d(\text{Å}) - 2,86, 2,04$, вероятно, обусловлено процессами термической деструкции структур CASH и CSH при одновременном взаимодействии продуктов деструкции с аморфным SiO_2 и примесями. Слабовыраженные пики на дифрактограмме микрокремнезема $d(\text{Å}) - 4,46, 3,14, 2,22, 1,58, 1,42$ и $d(\text{Å}) - 2,38, 1,31$ отвечают α -кварцу и SiC.

На дифрактограмме цемента (рис. 3, б), пики моно- и диалюминатов кальция ($d(\text{Å}) - 2,97, 2,52, 2,19, 1,92$) и ($d(\text{Å}) - 4,46, 2,76, 2,61$) являются результатом дегидратации гидроалюминатов кальция. В результате сравнительный анализа дифрактограмм цемента обожженного при 1000 °С (рис. 3, б) и гидратированного цемента (рис. 1, б) выявлено увеличение интенсивности пиков соответствующих $\alpha-Al_2O_3$ ($d(\text{Å}) - 1,58, 1,37$) обусловленного дегидратацией геля AN_3 с последующим переходом $\gamma-Al_2O_3$ в α -форму, что согласуется с данными ДТА (рис. 2, б). Рентгенограммы модельных

композиций (рис. 3, в, з, д) показывают, что при температуре 1000 °С образуются значительные количества геленита ($d(\text{Å}) - 3,08, 2,86, 2,64, 2,06, 1,93, 1,76, 1,52$) и анортита ($d(\text{Å}) - 4,13, 3,73, 3,22$). Причем, увеличение микрокремнезема в составе модельных смесей интенсифицирует процессы взаимодействия SiO_2 и алюминатов кальция с образованием геленита и анортита, что подтверждается снижением интенсивности пиков CA_2 ($d(\text{Å}) - 4,46, 2,61, 2,76$) и CA ($d(\text{Å}) - 2,99, 2,77, 2,20, 1,93$).

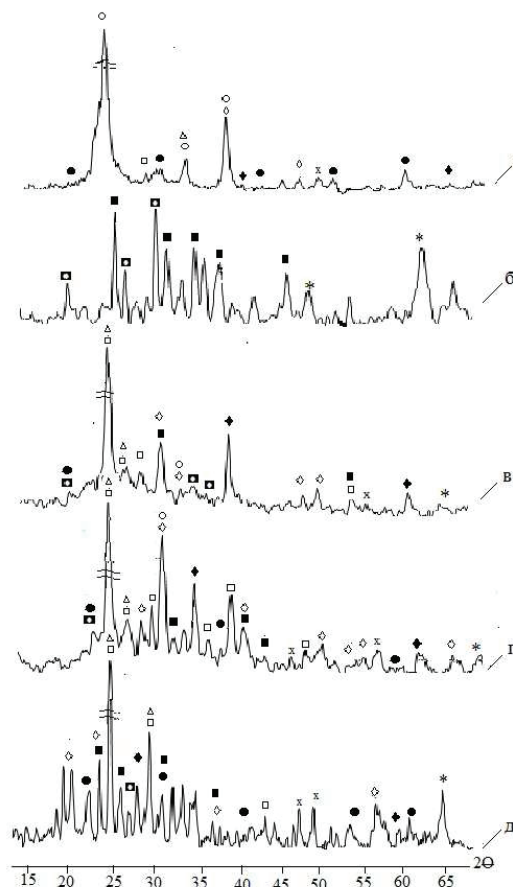


Рис. 3. Рентгенограммы образцов, при 1000 °С:
а — микрокремнезем (МК); б — цемент (Ц); в — Ц : МК = 3:1;
г — Ц : МК = 1:1; д — Ц : МК = 1:3. ○ — кристобалит;
△ — тридимит; ■ — CA; ■ — CA_2 ; □ — анортит CAS_2 ; ● — α -кварц;
◇ — геленит C_2AS ; × — Fe_2O_3 ; ◆ — SiC; * — $\alpha-Al_2O_3$

Результаты рентгенофазового анализа исследуемых материалов после обжига при 1300 °С приведены на рис. 4. Повышение температуры обжига с до 1300 °С приводит к существенным изменениям фазового состава микрокремнезема (рис. 4, а): увеличению количества кристобаллита, анортита и геленита и уменьшению непереродившегося кварца. Фазовый состав цемента (рис. 4, б) соответствует минералогическому составу образца после обжига при 1000 °С (рис. 3, б).

На рентгенограммах композиционных смесей (рис. 4, в, з), присутствуют рефлексы, относящиеся к моно- и диалюминатам кальция ($d(\text{Å}) - 2,97, 2,52, 2,19, 1,92$) и ($d(\text{Å}) - 4,46, 2,76, 2,607$). Анализ интенсивности пиков анортита ($d(\text{Å}) - 3,08, 2,86, 2,64, 2,06, 1,93, 1,76, 1,52$) и геленита ($d(\text{Å}) - 4,13, 3,73, 3,22$) дает основание предположить, что при соотношении Ц : МК = 1:1 образуется большее количество анортита, который является

предпочтительной фазой ввиду его повышенной плотности $2,8 \text{ г/см}^3$ по сравнению с геленитом ($2,3 \text{ г/см}^3$) [1].

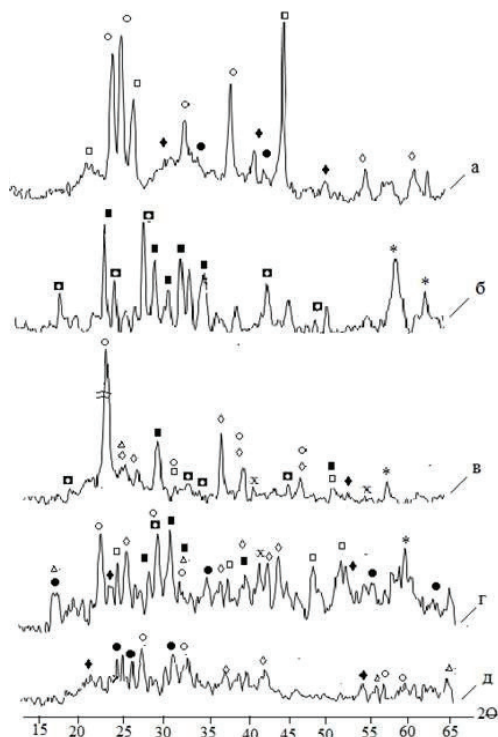


Рис. 4. Дифрактограммы образцов при $1300 \text{ }^\circ\text{C}$:
 а — микрокремнезем (МК); б — цемент (Ц); в — Ц : МК = 3:1;
 г — Ц : МК = 1:1; д — Ц : МК = 1:3. ○ — кристобалит;
 △ — тридимит; ■ — CA; □ — CA₂; ◻ — анортит CaS₂; ● — α-кварц;
 ◇ — геленит C₂AS; × — Fe₂O₃; ◆ — SiC; * — α-Al₂O₃

Кроме доминирующих кристаллических фаз в композиции Ц : МК = 1:1 идентифицированы пики α-кварца ($d(\text{Å}) - 4,27, 2,23, 1,42, 1,28$). Фазовый состав композиции Ц : МК = 3:1 (рис. 4, в), характеризуется наличием значительной области аморфной фазы ($2\theta: 15 - 20^\circ, 45 - 54^\circ$) и низкой интенсивностью пиков α-кварца ($d(\text{Å}) - 4,27, 2,22, 1,42$), тридимита ($d(\text{Å}) - 3,79, 2,49$) и алюмосиликатов кальция ($d(\text{Å}) - 4,13, 3,22, 3,08, 2,86, 2,64, 2,06, 1,93$). Увеличение количества микрокремнезема интенсифицирует процессы образования жидкой фазы, о чем свидетельствует наличие области «гало» на дифрактограмме (рис. 4, д).

5. Выводы

В результате проведенных исследований установлено минерализующее действие примесей микрокремнезема на образование кристаллических и аморфных фаз, показана возможность направленного регулирования процессов синтеза высокотемпературных кальцийалюмокремнеземистых соединений путем изменения содержания компонентов в системе «цемент «Gorkal-70» — микрокремнезем». Установлено, что увеличение количества микрокремнезема в модельных смесях, обуславливает образование в процессе гидратации структур CASH и CSH, термическая деструкция которых и одновременное взаимодействие алюминатов кальция цемента с аморфным SiO₂ в присутствии минерализующих примесей, приводит к образованию кальцийалюмокремне-

земистых соединений, существенно влияющих на формирование структуры и свойства огнеупорных бетонов.

Литература

1. Гоберис, С. Влияние качества микрокремнезема на реологию цементного теста и характеристики низкоцементного жаростойкого бетона на шамотном заполнителе [Текст] / С. Гоберис, В. Антонович, И. Пундене, Р. Стонис // Новые огнеупоры. — 2007. — № 5. — С. 41–46.
2. Santos W. N. Effect of moisture and porosity on the thermal properties of a conventional refractory concrete [Text] / W. N. Santos // Journal of the European Ceramic Society. 2003. Vol. 23. P. 745–755.
3. Kumar S. Thermo-mechanical behavior of low cement castables derived from mullite aggregates synthesized from beach sand sillimanite [Text] / S. Kumar, S. K. Das, P. K. Daspoddar // Ceramics International. — 2003. — № 29. — P. 139–144.
4. Altun I. A. Effect of temperature on the mechanical properties of self-flowing low cement refractory concrete [Text] / I. A. Altun // Ceramics International. — 2001. — № 31. — P. 1233–1237.
5. Гоберис, С. Ю. Влияние микросилиция на свойства жаростойкого бетона с заполнителем из лома шамота [Текст] / С. Ю. Гоберис, И. И. Пундене // Огнеупоры и техническая керамика. — 1998. — № 9. — С. 13–16.
6. Myhre V. Microsilica in refractory castables. — How does microsilica quality influence performance [Text] / V. Myhre // 9th Biennial Worldwide congress on refractories. 2005. — P. 191–195.
7. Кузнецова, Т. В. Глиноземистый цемент [Текст] / Т. В. Кузнецова, Й. Талабер. — М. : Стройиздат, 1988. — 272 с.
8. Гоберис, С. Исследование термостойкости низкоцементных жаростойких бетонов [Текст] / С. Гоберис, И. Пундене // Огнеупоры и техническая керамика — 2001. — № 2. — С. 34–38.
9. Гоберис, С. Исследование роли микрокремнезема в вяжущем среднецементного жаростойкого бетона [Текст] / С. Гоберис, И. Пундене, А. Шпокаускас, Т. Вала // Огнеупоры и техническая керамика. — 2003. — № 2. — С. 9–14.
10. Страхов, В. И. Об изменении фазового состава матрицы огнеупорных бетонов CaO-Al₂O₃-SiO₂ при термическом воздействии [Текст] / В. И. Страхов, В. В. Коржиков, Е. А. Павлова, А. Б. Жидков, Д. Е. Денисов // Огнеупоры и техническая керамика. — 2009. — № 1–2. — С. 12–18.

ВИСОКОТЕМПЕРАТУРНІ ПРОЦЕСИ ФАЗОУТВОРЕННЯ В СИСТЕМІ «ЦЕМЕНТ «GORKAL-70» — МІКРОКРЕМНЕЗЕМ»

У даній статті наведено результати досліджень високотемпературних процесів фазоутворення в системі «цемент «Gorkal-70» — мікрокремнезем» на модельних сумішах цементу і мікрокремнезему низької якості. Визначена мініралізуюча дія домішок мікрокремнезему у процесі утворення кристалічних і аморфних фаз у дослідній системі. Встановлено можливість спрямованого регулювання складу продуктів синтезу високотемпературних фаз шляхом зміни співвідношення компонентів модельних сумішей.

Ключові слова: вогнетривкий бетон, цемент, мікрокремнезем, температурний нагрів, фазовий склад.

Онасенко Юлия Анатольевна, аспирант кафедры химической технологии керамики и огнеупоров, Национальная металлургическая академия Украины, e-mail: Juliany4@mail.ru.

Песчанская Виктория Викторовна, доцент кафедры химической технологии керамики и огнеупоров, Национальная металлургическая академия Украины, e-mail: v_peschanska@mail.ru.

Онасенко Юлія Анатоліївна, аспірант кафедри хімічної технології кераміки і вогнетривів, Національна металургійна академія України. Песчанська Вікторія Вікторівна, доцент кафедри хімічної технології кераміки і вогнетривів, Національна металургійна академія України.

Onasenko Julia, National Metallurgical Academy of Ukraine, e-mail: Juliany4@mail.ru. Peschanskaya Victoria, National Metallurgical Academy of Ukraine, e-mail: v_peschanska@mail.ru.

Песчанская В. В.,
Макарова А. С.,
Голуб И. В.

ВЛИЯНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АКТИВАЦИИ НА ПРОЦЕССЫ ТВЕРДЕНИЯ И СВОЙСТВА ОГНЕУПОРНОГО БЕТОНА

Изучено влияние механической активации электрокорунда и матричного компонента низкоцементных корундовых бетонов на изменение морфологии и свойства механоактивированных материалов, кинетику твердения и свойства корундовых бетонов. Экспериментальными исследованиями установлено влияние длительности механической активации электрокорунда на изменение реакционной активности и скорость твердения матричного компонента, формирование низкопористой и прочной структуры огнеупорного бетона.

Ключевые слова: низкоцементный корундовый бетон, электрокорунд, алюминаткальциевый цемент, матричный компонент, механическая активация, кинетика твердения, показатели свойств.

1. Введение

Существенные преимущества неформованных огнеупорных материалов, в частности, бетонов, низкоцементных огнеупорных бетонов, отличающихся низкой пористостью, высокой механической прочностью, химической и термической стойкостью определили тенденцию увеличения объемов их изготовления и потребления. Эффективное сочетание физико-химических свойств низкоцементных корундовых бетонов с высокой адаптационной способностью к условиям эксплуатации в футеровках тепловых агрегатов способствовало расширению областей применения бетонов и дальнейшего развития научных основ проектирования составов многокомпонентных огнеупорных бетонных смесей для изготовления бетонных изделий и монолитных футеровок с требуемыми физико-химическими и эксплуатационными свойствами [1, 2].

2. Постановка проблемы

Вещественный состав низкоцементных корундовых бетонов представлен заполнителем — электрокорундом и матричным компонентом, состоящим из тонкодисперсных зерен заполнителя и гидравлического вяжущего — алюминаткальциевого цемента, добавок полифункционального действия. Вещественный и гранулометрический состав матричного компонента оказывает определяющее влияние на реологические свойства бетонных масс, кинетику твердения бетонов, процессы формирования структуры и свойства бетонов в условиях высоких температур эксплуатации [1, 2].

Решение задач направленного регулирования технологических и физико-механических свойств низкоцементных огнеупорных бетонов достигается путем модификации бетонов тонкодисперсными добавками пластификаторов, дефлокулянтов, регуляторов подвижности бетонных масс, ускорителей или замедлителей процессов твердения бетона, реакционно-активных добавок — интенсификаторов спекания и образования новых огнеупорных фаз.

Перспективным направлением в решении задач создания композиционных материалов с эффективной структурой и улучшенными свойствами является использование механической активации [3–6].

3. Анализ литературных данных и постановка задач

Механическая активация твердых веществ материалов вследствие создания дефектности структуры кристаллических фаз обуславливает образование активных центров на поверхности частиц, что приводит к повышению их реакционной способности [5, 6].

Механохимическая активация твердых материалов эффективно используется в технологии оксидной керамики, синтезе магнезиальноалюминатных шпинелей [5–11]. Использование механоактивированных заполнителей и вяжущих строительных бетонных смесей обеспечивает снижение пористости цементного камня в бетоне, ускорение начальной стадии твердения и упрочнение кристаллических сростков новообразований [3, 4].

С целью направленного регулирования реакционной активности матричного компонента низкоцементных огнеупорных бетонов исследовали влияние механической активации электрокорунда и матрицы на изменение морфологии и свойства механоактивированных материалов, реакционной активности матрицы и свойства низкоцементного корундового бетона.

4. Экспериментальная часть

Исследования проводились с использованием электрокорунда и алюминаткальциевого цемента «Gorkal-70» химический состав, которых приведен в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав исходных компонентов

Наименование материала	Химический состав, %					
	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O
Цемент «Gorkal-70»	70,72	28	—	0,32	0,96	—
Электрокорунд	94,38	0,77	—	0,69	0,70	0,61

Для приготовления матричного компонента использовали предварительно активированный электрокорунд, который получали помолом зерен с размером менее 0,5 мм в вибрационной мельнице при соотношении массы

материала и мелющих тел 1:20 в течение 45 мин. (Θ_{45}) и 90 мин. (Θ_{90}). Совместное измельчение и механоактивацию матричных компонентов бетонов ($M_{45/50}$ и $M_{90/50}$), содержащих электрокорунд (71 %) и цемент (29 %), проводили в течение 50 мин. при соотношении массы материала и мелющих тел 1:10.

Определение удельной плотности материалов проводили с использованием прибора Ле-Шателье, площади удельной поверхности — методом воздухопроницаемости на приборе Т-3. Исследования влияния морфологии на изменение поверхностной структуры частиц механоактивированных материалов проводили с использованием рентгенофазового анализа (дифрактометр ДРОН-3) и электронной микроскопии (электронный микроскоп «РЭМ-106И»).

Исследования кинетики твердения матриц проводили с использованием прибора Вика, фиксируя во времени глубину погружения иглки в тесто (водотвердое отношение $B/T = 0,2$). Для измерения pH водного раствора над осадком твердой части суспензий ($B/T = 2$) использовали ионметр «И-130».

Образцы бетона изготавливали из бетонных смесей, содержащих 75 % электрокорунда, фракции 6-0,063 мм, и 25 % механоактивированной матрицы. Бетонные массы, готовили в лабораторной мешалке, увлажняя водным раствором триполифосфата натрия из расчета 0,1 % от массы бетонной смеси. Методом виброформования при частоте 60 Гц из масс влажностью 5,2–5,6 % формовали образцы-кубы с ребром 50 мм. После выдержки на воздухе в течение 2-х суток, образцы сушили при температуре 110 °С (в течение 24 часов) и обжигали при 1550 °С (выдержка 5 часов). Определение показателей свойств образцов: кажущейся плотности, открытой пористости и предела прочности при сжатии проводили в соответствии со стандартами Украины.

Повышение длительности помола электрокорунда до 90 мин. сопровождалось увеличением плотности материала с 4,49 г/см³ до 4,51 г/см³ и площади удельной поверхности на 39 % (табл. 2).

Таблица 2

Характеристики механоактивированного электрокорунда и матричного компонента

Материал	Длительность помола, мин.		Плотность, г/см ³	Площадь удельной поверхности, см ² /г
	электрокорунд	матрица		
Электрокорунд (Θ_{45})	45	—	4,49	1662
Электрокорунд (Θ_{90})	90	—	4,51	2307
Матрица ($M_{45/50}$)	45	50	4,08	5554
Матрица ($M_{90/50}$)	90	50	4,02	6712

На дифрактограммах порошков электрокорунда Θ_{45} и Θ_{90} (рис. 1) характерные рефлексы $d(\text{Å})$: 3,44; 2,54; 2,36; 2,08; 1,73; 1,60; 1,54; 1,40; 1,37; 1,27 соответствуют кристаллической фазе $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, а слабые рефлексы $d(\text{Å})$: 2,69; 2,51; 1,84; 1,69; 1,485; 1,452 указывают на присутствие незначительных количеств Fe_2O_3 .

На рентгенограмме порошка Θ_{90} (рис. 1, б) отмечено уширение пиков, что свидетельствует о повышении дефектности структуры и эффекте аморфизации поверхностного слоя частиц.

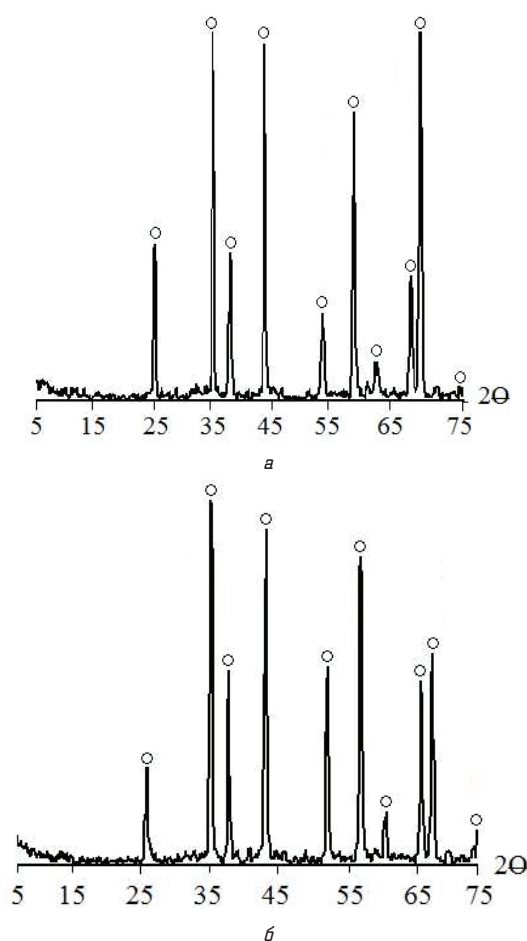


Рис. 1. Дифрактограммы электрокорунда: а — Θ_{45} ; б — Θ_{90} . \circ — $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$

Использование в составе матрицы корунда Θ_{90} , сопровождалось увеличением площади удельной поверхности на 1158 см²/г и снижением плотности матрицы $M_{90/50}$ на 0,06 г/см³, вследствие морфологических особенностей материала (рис. 2).

Порошки матриц $M_{45/50}$ и $M_{90/50}$ представлены частицами корунда, равномерно окутанными слоем цемента. Частицы матрицы $M_{90/50}$ отличаются многослойной кружевоподобной структурой поверхностного слоя (рис. 2, б).

По результатам рентгенофазового анализа матриц $M_{45/50}$ и $M_{90/50}$ (рис. 3), фазовый состав материалов представлен $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ($d(\text{Å})$: 3,44; 2,54; 2,36; 2,08; 1,73; 1,60; 1,54; 1,40; 1,37; 1,27), примесями железа, а также характерными для клинкерных минералов дифракционными пиками, соответствующих моноалюминату кальция (CA) — 2,94; 2,54; 2,37; 1,92; 1,54; 1,51 и диалюминату кальция (CA_2) — 2,71; 2,54; 2,08; 1,60; 1,54; 1,51.

Отмечена более высокая интенсивность рефлексов фазы $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ ($d(\text{Å})$: 2,54; 2,37; 1,60; 1,37) в матрице $M_{45/50}$, содержащей предварительно активированный электрокорунд Θ_{45} (рис. 3, а). В то же время, ширина пиков матриц $M_{45/50}$ и $M_{90/50}$ сохраняется.

Сопоставительный анализ дифрактограмм электрокорунда (Θ_{45} и Θ_{90}), матрицы $M_{45/50}$ и $M_{90/50}$ (рис. 1 и 3), указывает на увеличение интенсивности и ширины характерных рефлексов $d(\text{Å})$: с 3,44 до 3,48 и с 3,44 до 3,47 соответственно, что свидетельствует о повышении

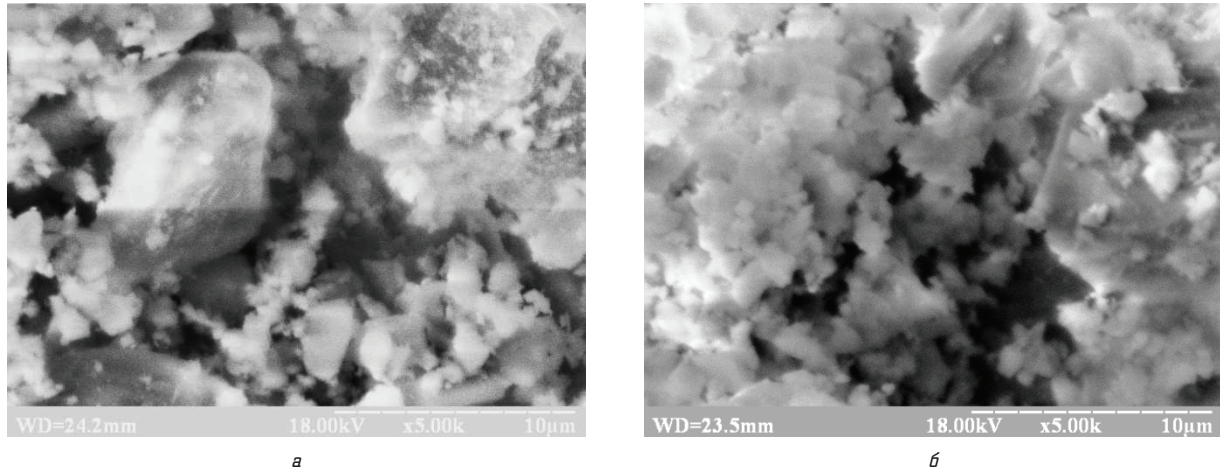


Рис. 2. Электронно-микроскопические снимки матричного компонента: а — $M_{45/50}$; б — $M_{90/50}$. $\times 5000$

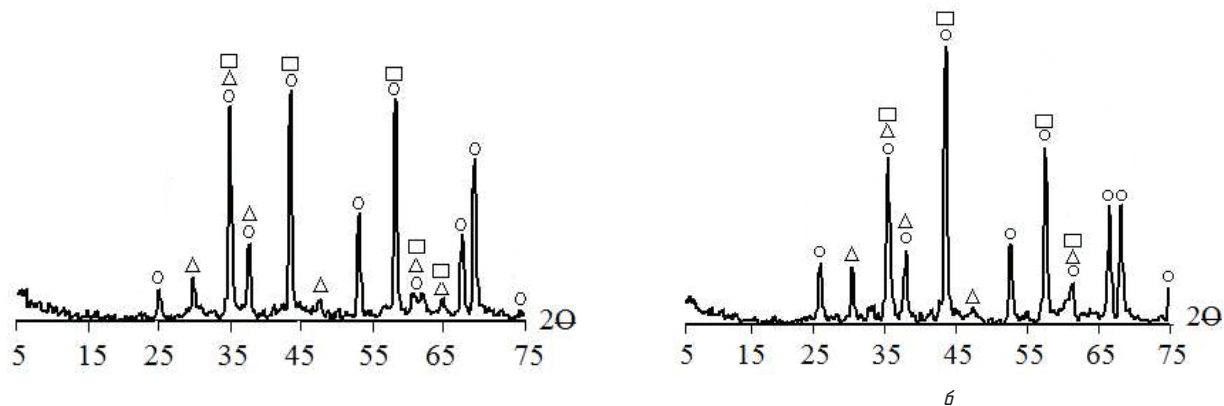


Рис. 3. Дифрактограммы матрицы: а — $M_{45/50}$; б — $M_{90/50}$. \circ — $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$; Δ — CA ; \square — CA_2

концентрации дефектов и активных центров на поверхности частиц.

Увеличение длительности помола корунда, приводит к получению более высоких значений pH водной суспензии корунда \mathcal{E}_{90} (9,60) по сравнению с pH суспензии \mathcal{E}_{45} (8,68), что обусловлено наличием катионов примесей металлов на поверхности частиц корунда, оказывающих существенное влияние на изменение кислотно-щелочного баланса суспензий (табл. 3).

Совместная механоактивация корунда и цемента сопровождается усилением блокирующего действия частиц цемента, что подтверждается близкими значениями pH суспензий матриц $M_{45/50}$ (9,85) и $M_{90/50}$ (10,05). Кинетика изменения pH суспензии матрицы $M_{90/50}$ и $M_{45/50}$,

сокращение сроков начала и конца схватывания теста на 54 мин. и на 1 час 54 мин. соответственно (табл. 3) свидетельствуют об ускорении процессов гидратации цемента, образовании гидрат-геля и коллоидизации цементной фазы, как результат увеличения времени механоактивации корунда.

Исследования кинетики твердения матричного теста $M_{45/50}$ и $M_{90/50}$ позволяет оценить их реакционную активность (рис. 4).

Так, более высокая скорость твердения матричного теста, при заглублении иглы прибора в тесто на 10 мм, 20 мм, 30 мм и 38 мм, соответствует времени 110 мин., 125 мин., 120 мин и 124 мин. для теста матрицы $M_{90/50}$. Причем, начальный период твердения,

Таблица 3

Сроки схватывания матричного компонента и pH суспензий

Материал	В/Т	Сроки схватывания, час.-мин.		pH суспензий, час					
		начало	конец	0	3	6	9	12	15
\mathcal{E}_{45}	2,0	—	—	8,68	—	—	—	—	—
\mathcal{E}_{90}	2,0	—	—	9,60	—	—	—	—	—
$M_{45/50}$	0,2	1—13	4—47	—	—	—	—	—	—
	2,0	—	—	9,85	11,01	11,70	11,76	11,48	11,48
$M_{90/50}$	0,2	0—19	2—43	—	—	—	—	—	—
	2,0	—	—	10,05	11,22	11,90	10,74	10,74	10,75

соответствующий заглублению иглы на 20 мм, составляет 53 мин. и 124 мин. для теста матриц $M_{90/50}$ и $M_{45/50}$ соответственно. Последующий период твердения: от момента достижения заглубления иглы на 20 мм и до времени конца схватывания матричного теста $M_{45/50}$ составляет 91 мин. и 90 мин. для теста матрицы $M_{90/50}$. Таким образом, длительность предварительной активации корунда в значительной степени влияет на скорость твердения матричного компонента в начальный период, однако, в дальнейшем существенного влияния на процессы твердения не оказывает.

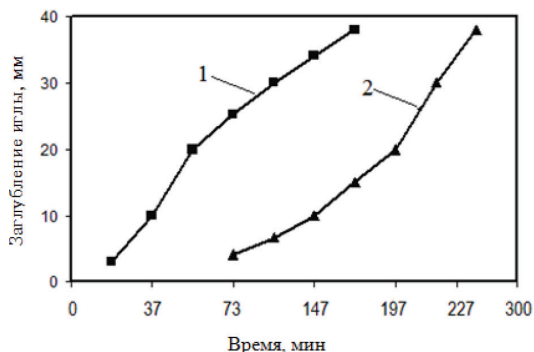


Рис. 4. Кинетика твердения матричных компонентов:
1 — $M_{90/50}$; 2 — $M_{45/50}$

Результаты определения свойств бетонных образцов, содержащих матрицу $M_{45/50}$ и $M_{90/50}$, показали, что использование матрицы $M_{45/50}$ улучшает уплотнение и упрочнение бетона после сушки (табл. 4).

Таблица 4

Показатели свойств корундового бетона

Состав бетона		Открытая пористость, %	Кажущаяся плотность, г/см ³	Предел прочности при сжатии, Н/мм ²
Электрокорунд фр. 6-0,063 мм	Матрица ($M_{45/50}$)	10,06 13,39	3,18 3,28	55,9 105,6
	Матрица ($M_{90/50}$)	11,91 12,88	3,19 3,37	39,5 143,2

Примечание: числитель — температура 110 °С; знаменатель — 1550 °С

В тоже время, предварительная механоактивация электрокорунда в течение 90 мин., интенсифицирует процессы спекания и уплотнения бетона при высоких температурах обжига и способствует формирования плотной микропористой механически прочной структуры бетона.

5. Выводы

Проведенными исследованиями установлено существенное влияние механической активации на изменение

морфологии и свойств электрокорунда и матричного компонента. Установлено влияние длительности механической активации электрокорунда на изменение реакционной активности и скорости твердения матричного компонента. Экспериментальными исследованиями показана возможность направленного регулирования скорости гидратации цемента и развития кристаллизационных контактов между цементом и зернами заполнителя, способствующих формированию эффективной структуры и свойств огнеупорных бетонов.

Литература

- Пивинский, Ю. Е. Неформованные огнеупоры нового поколения [Текст] / Ю. Е. Пивинский, О. Г. Усыряев // Новые огнеупоры. — 2006. — № 1. — С. 35–41.
- Кашеев, И. Д. Неформованные огнеупоры [Текст]: справоч. изд. в 2 т. / И. Д. Кашеев, М. Г. Ладыгичев, В. Л. Гусовский. — М.: Теплотехник, 2004. — Т. 2: Свойства и применение неформованных огнеупоров. — 440 с.
- Коваленко, В. В. Синергетичний ефект зростання міцності бетону внаслідок механоактивації цементу й заповнювача [Текст] / Коваленко В. В., Горобець Л. Ж. // Вестник Национального технического университета «Харьковский политехнический институт». — 2008. — № 38. — С. 113–118.
- Абрамов, М. А. Влияние механохимической активации на физико-химические свойства кварцевого песка и структурно-механические характеристики вяжущих композиций на его основе [Текст] / Абрамов М. А., Степанов Е. Г., Яблонский О. П. // Химия и химическая технология. — 2009. — Т. 52, вып. 8. — С. 75–77.
- Болдырев В. В. Механохимия и механическая активация твердых веществ [Текст] / В. В. Болдырев // Успехи химии. — 2006. — № 75. — С. 203–216.
- Болдырев В. В. Фундаментальные основы механической активации, механосинтеза и механохимических технологий / Болдырев В. В. и др.; отв. ред. Е. Г. Авакумов; Рос. Акад. наук, Сиб. отд.-ние; Ин-т химии твердого тела и механохимии. — Новосибирск: СО РАН, 2009. — 343 с. — (Интеграционные проекты СО РАН; вып. 19)
- Прокофьев, В. Ю. Процессы измельчения и механохимической активации в технологии оксидной керамики [Текст] / Прокофьев В. Ю., Гордина Н. Е. // Стекло и керамика. — 2012. — № 2. — С. 29–34.
- Косенко, Н. Ф. Синтез магнезиальноалюминатной шпинели из оксидов с различной предысторией [Текст] / Косенко Н. Ф., Смирнова М. А. // Огнеупоры и техническая керамика. — 2011. — № 9. — С. 3–11.
- Kong L. B. MgAl₂O₄ spine phase derived from oxide mixture activated by a high-energy ball milling process [Text] / Kong L. B., Ma J., Huang H. // Mater Lett. 2002. — V. 56. — N 3. — P. 238–243.
- Zhihui Zh. Influence of mechanical activation of Al₂O₃ on synthesis of magnesium aluminate spinel [Text] / Zhihui Zh., Nan L. // Sci. Sinter. 2004. — V. 36. — N 2. — P. 73–79.
- Domansi D. Mechanochemical synthesis of magnesium aluminate spinel powder at room temperature [Text] / Domansi D., Urretavizcaya G., Castro F. J. et. al // J. Amer. Ceram. Soc. 2004. — V. 87. — N 11. — P. 2020–2024.

ВЛИВ МЕХАНІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ НА ПРОЦЕСИ ТВЕРДНЕННЯ ТА ВЛАСТИВОСТІ ВОГНЕТРИВКОГО БЕТОНУ

Досліджено вплив механічної активації електрокорунду і матричного компоненту низькоцементних корундових бетонів на змінення морфології і властивостей механоактивованих матеріалів, кінетику тверднення матричного компоненту і властивості корундових бетонів. Експериментальними дослідженнями встановлено вплив тривалості механічної активації електрокорунду на змінення реакційної активності і швидкість тверднення матричного компоненту, формування низькопористої й міцної структури вогнетривкого бетону.

Ключові слова: низькоцементний корундовий бетон, електрорунд, алюмінаткальцієвий цемент, матричний компонент, механічна активація, кінетика тверднення, показники властивостей.

Песчанская Виктория Викторовна, доцент кафедри хімічної технології кераміки і огнеупоров, Національна металургічна академія України, e-mail: v_peschanska@mail.ru.
Макарова Анна Сергіївна, аспірант кафедри хімічної технології кераміки і огнеупоров, Національна металургічна академія України, e-mail: makaronchik2@yandex.ru.
Голуб Ірина Валеріївна, доцент кафедри хімічної технології кераміки і огнеупоров, Національна металургічна академія України.

Пісчанська Вікторія Вікторівна, доцент кафедри хімічної технології кераміки і огнеупорів, Національна металургічна академія України.

Макарова Анна Сергіївна, аспірант кафедри хімічної технології кераміки і огнеупорів, Національна металургічна академія України.

Голуб Ірина Валеріївна, доцент кафедри хімічної технології кераміки і огнеупорів, Національна металургічна академія України.

Peschanskaya Victoria, National metallurgical academy of Ukraine, e-mail: v_peschanska@mail.ru.

Makarova Anna, National metallurgical academy of Ukraine, e-mail: makaronchik2@yandex.ru.

Golub Irina, National metallurgical academy of Ukraine.

УДК 005.8:65.014.12

**Филатов А. С.,
Хрутьба В. А.**

ОПТИМИЗАЦИЯ ВНУТРЕННЕГО ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО КЛИМАТА ПРОЕКТНЫХ КОМАНД КАК ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

В статье рассмотрены подходы, позволяющие повысить эффективность взаимодействия между членами проектной команды. Определены основные проблемы, связанные с общей психологической средой в команде. Предложен подход оптимизации внутреннего психологического климата команды для эффективного использования трудовых ресурсов с использованием компьютерной программы «Лад». Рассмотрен пример оптимизации внутреннего психологического климата для предприятия «САНТЪЯГО КО».

Ключевые слова: проектная команда, управление командой, соционика, психологический климат, оптимизация работы команды.

1. Постановка проблемы

Экономическая деятельность в Украине бурными темпами развивается по направлениям, ведущим к конкурентным формам борьбы. В этих условиях возрастает роль управления психическим состоянием «человеческих ресурсов» в системе факторов, обеспечивающих эффективность функционирования государств, регионов и предприятий. За короткое время лидерам Украины от микро- до мегауровня придется преодолеть путь, пройденный западной экономикой в течение столетий, в которой соревновательные мирные и немирные формы борьбы всегда выступали движущим стимулом ее развития на путях мира и войны. Сначала конкуренция в этих государствах сосредоточивалась вокруг технологий, затем сдвинулась в сферу маркетинга и планирования, совершенствования коммуникаций и логистики с потребителями (конкурентами и противниками). В настоящее время она сконцентрировалась на проблеме управления психическим состоянием «человеческих ресурсов» и нанотехнологиях. По мнению ведущих западных специалистов в этой области, к 2020 году следует ожидать усиления конкуренции в борьбе за улучшение и управление психическим состоянием работников. Именно этот фактор станет решающим в деле

выживания и успеха государства и организации в экстремальных условиях [1].

Отечественным руководителям, бизнесменам и менеджерам придется все проблемы решать одновременно. Резервы производства в условиях современности лежат в формировании определенной организационной культуры, т. е. способности работать в гибкой организационной среде, кросс-функциональных командах [2], управлять изменениями в ней, пользоваться управленческим инструментарием. При приеме на работу во время тестирования, собеседования или при решении реальной практической задачи можно выявить тех людей, которые подходят по определенным принципам работы и взаимодействия в команде, а уже отобранных людей распределять по оптимальной схеме взаимодействия для достижения определенного результата. Когда заранее определены навыки и качества работников для выполнения определенных функций, тогда решение формирования команды проекта значительно упрощается. Использование комплексных соционических знаний и способностей неразрывно связано с психологической культурой, благодаря которой руководитель любого уровня сможет избегать искусственных барьеров между собой и подчиненными, формировать целевые команды, способные решать поставленные задачи в любых сферах деятельности человека.

2. Анализ последних научных исследований

Еще задолго до появления соционики в американской типологии Майерс-Бриггс стали изучаться группы, основанные на общности 2-х (из 4-х) юнговских признаков. Изабел Майерс выделила и описала 4 группы установки на род деятельности (ST, SF, NT, NF) и, в сотрудничестве с другими исследователями (Линда Кирби и др.), стала изучать и другие симметричные группы, например: FJ, FP, TJ, TP [3].

В середине 1980-х г.г. появились так называемые «темпераменты Кирси». Профессор Дэйвид Кирси заявил, что известные темпераменты Гиппократы — Галена (холерики, сангвиники и т. д.) — не что иное, как группы типов Майерс-Бриггс: NT, NF, SP, SJ. К большому сожалению, несмотря на очевидные натяжки и логические ошибки в данной гипотезе, она получила большое распространение в США. Хотя, с другой стороны, в исследовательских публикациях американские типологи предпочитают опираться на традиционные группы по сходству 2-х из 4-х признаков [4].

Хотя американское типоведение использует функции ТИМов и модель А (Л. Беренс), однако не использует малые группы по общей сильной функции. Исключение составляет работа Тайгеров, где приведена попытка описать подобные группы [5]. Наконец, поскольку в американском типоведении нет ни одной общепризнанной теории интертипных отношений, то не используются и группы, образованные по принципу симметрии отношений.

3. Цель исследований

Целью данного исследования является разработка механизма оптимизации внутреннего психологического климата в проектных командах для эффективного использования трудовых ресурсов предприятия на основе анализа особенностей самой соционической среды, анализа степени выраженности полюсов признаков ее образующих (т. е. в каком процентном соотношении находятся полюса каждого Признака Рейнина (ПР)).

Результат работы, например, для случая анализа деятельности рабочего коллектива, позволит с высокой степенью точности описать как конкурентные преимущества такого коллектива, так и возможные трудности, с которыми этот коллектив может столкнуться, а также способы профилактики и преодоления этих трудностей.

4. Результаты исследований

Для лучшего понимания предмета исследования введем термины:

- тип информационного метаболизма (ТИМ);
- социальная соционическая среда (ССС) — соционическая среда, проявляющаяся при решении задач, стоящих перед группой как единым целым;
- ТИМная соционическая среда (ТСС) — соционическая среда группы ТИМов, в этой среде взаимодействующих. Название «ТИМная» отражает возможное поле достижение резонанса, комфортного взаимодействия именно этой группой ТИМов.

Авторы предполагают наличие перекосов в развитии групп, в которых длительное время имеет место аномальное доминирование полюса какой-либо дихотомии (или

группы полюсов для группы дихотомий). Аномальным можно считать соотношение 27/73 и меньше (акцентуация по Окладникову [6]). Как пример негативного следствия таких перекосов, можно рассмотреть возможную потерю конкурентоспособности производственного коллектива. О необходимости соблюдения принципа Золотого сечения при формировании производственных коллективов писали Букалов А. В., Карпенко О. Б. и Чикирисова Г. В. [7].

Что касается количественной оценки, то за соотношение потоков информации, при котором можно говорить о наличии соционической среды (пусть и слабо выраженной), можно принять соотношение, введенное В. И. Окладниковым [6, стр. 118] на уровне максимального значения нормы вытесненного полюса признака и минимального значения нормы главенствующего полюса признака, т. е. примерно 45/55: «демпфирование — 46/54, норма — 28-45/55-72, акцентуация 17-27/73-83, декомпенсированная акцентуация — 10-16/84-90, психопатия — 6-9/91-94». Очевидно, что чем меньше данное соотношение, тем более явно выражена среда.

Решить проблему превалирования или акцентуации одного (или нескольких) признаков в среде коллектива можно, дополнив коллектив сотрудниками соответствующих типов. Особенно в длительно изолированной малой группе (ДИМГ) [8], например, на морском судне, где состав ТИМов относительно постоянен и его изменение носит скорее случайный, чем прогнозируемый характер, при значительном перевесе одного (или нескольких) полюсов признаков неизбежен перекоп в целях, методах, средствах решения стоящих перед группой задач. В такой ситуации возникает снижение эффективности взаимодействия, нарастает недовольство партнерами, происходят затяжные конфликты. В таких группах особенное значение имеет умение применять соционические технологии на практике, осознавать причины дискомфорта и грамотно их преодолевать.

Анализ влияния конкретной соционической среды на представителей определенных ТИМов, на взгляд авторов, интересен с точки зрения прогнозирования проявления носителей ТИМов в условиях этой среды и выработке методов адаптации человека определенного ТИМа к конкретной соционической среде. Учет влияния соционической среды (при условии, что ее параметры известны) позволяет проще распознавать коммуникативные маски и, если на это приходит запрос, оказывать людям помощь в подборе модели поведения, более естественной и комфортной для их ТИМа.

Авторами проведен ряд экспериментов и исследований по определению малых групп по Признакам Рейнина (ПР) и их соотношению с практической деятельностью конкретных коллективов. В результате исследовательской работы создана компьютерная программа «Лад», которая помогает оптимизировать внутренний психологический климат в коллективах, создать оптимизированную среду коллектива (ОСК). Методы, использованные в создании компьютерной программы «Лад», базирующиеся на знании информационной структуры психики (соционики), позволяют:

- дать глубокое описание личности работника с указанием его сильных и слабых сторон, стиля деятельности, перспектив служебного роста в данном подразделении;
- определить степень естественной психологической, информационной и деловой совместимости членов коллектива, что предоставляет руководителю

инструмент для целенаправленного формирования коллектива, превращения его в единую команду, с большей эффективностью работы по сравнению с обычными, стихийно созданными коллективами;

- обеспечить эффективное использование трудовых ресурсов, повысить их коэффициент полезного действия (КПД) в оптимально подобранном коллективе;
- прогнозировать совместимость людей, которые ранее не встречались;
- существенно улучшить общий психологический и деловой климат перестановкой или заменой всего нескольких членов коллектива. В ряде случаев это позволяет не проводить полную реорганизацию плохо работающего коллектива. При невозможности кадровых перестановок руководителю даются рекомендации по работе с конкретными работниками и снижению общего напряжения на психологически сложных участках;
- определять параметры ССС для анализа проблем, характерных для этой среды, формировать стратегии и тактики развития этой среды в социуме;
- формировать оптимальные команды для эффективного решения задач в конкретной ССС;
- разрабатывать методы адаптации конкретной личности к изменяющейся соционической среде как ССС, так и ТСС.

Обработка результатов экспериментов по оптимизации отношений в командах с использованием компьютерной программы «Лад» показала результативность порядка 70–90 %.

Пример формирования команды по квадральному принципу [9]: ситуация в квадре далека от Золотого сечения — 12 ПР, за исключением квадральных, распределены в соотношении 50/50 — т. е. размыты (демпфирование), а квадральные признаки соотносятся как 100/0 (психопатия по В. И. Окладникову). Ситуация с индивидуальными и диадными признаками разрешима, если количество представителей разных ТИМов в коллективе, построенному по квадральному принципу, будет различно. Наличие определенной ССС на конкретном этапе развития предприятия способствует более эффективному решению задач, стоящих перед компанией. Проиллюстрируем это утверждение на конкретном примере.

Для анализа производственной среды в трудовом коллективе выбрана украинская компания, работающая в производственной сфере — «САНТЪЯГО КО». ССС коллектива формировалась следующими полюсами ПР: решительность — субъективность — аристократизм, МГ № 1 [10]. Руководители компании — логико-сенсорный интроверт (ЛСИ) и этико-интуитивный экстраверт (ЭИЭ) определили задачи компании: «Растить и расширяться постепенно, размеренно, старыми проверенными методами, т. к. все новые стратегии и тактики нужно долго проверять временем (интровертность + упрямость). С теми, кто не может долго и настойчиво работать, мы решительно расстаемся (решительность)». Структурная схема компании, приведенная на рис. 1, включает также типы ЭСЭ (этико-сенсорный экстраверт), СЛЭ (сенсорно-логический экстраверт), ИЭИ (интуитивно-этический интроверт), ЛИИ (логико-интуитивный интроверт).

В компании 80 % сотрудников принадлежат к МГ № 1, что подтверждает постулат, сформулированный в [9, 11] относительно соответствия ТИМов кадрового состава в квадральной среде предприятия. Переформулируем его применительно к понятиям соционической среды: если

в коллективе ССС и ТСС совпадают, данный коллектив лучше справляется со стоящими перед ним задачами, чем коллектив, в котором ССС и ТСС не совпадают.

Интертипные отношения (ИО), представленные в данной группе, приведены в табл. 1. В группе дуальных ИО наибольшее количество, что значительно способствует межличностному взаимодействию, которое происходит в рамках соционической среды описанной МГ № 1.

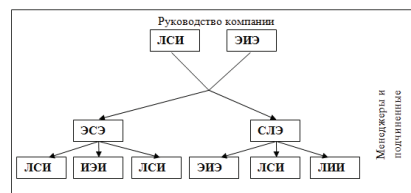


Рис. 1. Структурная схема компании

Количество различных ИО в компании

Таблица 1

Название ИО	Кол-во
Тождество	6
Дуальные	10
Активация	6
Зеркальные	6
Полудуальные	6
Заказ	2
Деловые	0
Мираж	0
Погашение	0
Квазитожество	0
Родственные	6
Ревизия	2
Конфликт	0
СуперЭго	0
Среднее	3,1

Исследованный авторами коллектив компании в количестве 10 человек со следующим ТИМным составом: 4 ЛСИ, 2 ЭИЭ, СЛЭ, ИЭИ, ЭСЭ, ЛИИ имеет определенное распределение ПР, представленное в табл. 2.

Как следует из табл. 2, основные ПР (Иррациональность/Рациональность, Процесс/Результат, Уступчивость/Упрямость, Рассудительность/Решительность, Субъективизм/Объективизм, Демократизм/Аристократизм) формирующие МГ № 1, имеют аномальное доминирование полюса дихотомии в соотношении меньше 27/73, что соответствует верхним границам декомпенсированной акцентуации — на границе с психопатологией по Окладникову [6]. Это может привести к негативным последствиям, например возможную потерю конкурентоспособности производственного коллектива, из-за разлада внутреннего психологического климата.

Уже на данном этапе развития команды наметились определенные проблемы, которые могут снизить конкурентоспособность компании в будущем, а именно:

1. Возникли сложности при попытке ввести в коллектив ценных специалистов с ТИМами, «чуждыми» среде («упрямство»).

Таблица 2

Распределение ПР у 10 членов коллектива компании

Название ПР	Количественное соотношение	Процентное соотношение, %
Экстраверсия/Интроверсия	4/6	40/60
Интуиция/Сенсорика	4/6	40/60
Логика/Этика	6/4	60/40
Статика/Динамика	6/4	60/40
Позитивизм/Негативизм	6/4	60/40
Квестимность/Деклатимность	4/6	40/60
Тактика/Стратегия	6/4	60/40
Конструктивизм/Эмотивизм	4/6	40/60
Иррациональность/Рациональность	2/8	20/80
Процесс/Результат	2/8	20/80
Уступчивость/Упрямость	2/8	20/80
Беспечность/Предусмотрительность	6/4	60/40
Рассудительность/Решительность	2/8	20/80
Субъективизм/Объективизм	10/0	100/0
Демократизм/Аристократизм	2/8	20/80

2. Затруднено взаимодействие сотрудников с ТИ-Мамаи ЭСЭ и ЛИИ с группой: несмотря на то, что они хорошо справляются со своими обязанностями, чувствуют они себя в коллективе неуютно. Со слов сотрудника: «Я чувствую, что меня выживают...». Со слов руководителя компании ЛСИ: «Как ни зайдешь к ним, они все мечтают да рассуждают, как бы это можно сделать лучше, вместо того, чтобы взять и сделать». Сложившаяся негативная ситуация во взаимодействии объясняется тем, что процентное соотношение признака решительность — рассудительность (по количеству проявлений у людей в данной группе) составляет 80/20, что соответствует верхним границам декомпенсированной акцентуации — на границе с психопатологией (по Окладникову [6]).

3. Ориентация коллектива на «долговременную перспективу» неизбежно сказывается на темпах развития компании. На данном этапе развития компания ориентирована на разумный баланс «долговременный результат — качество».

4. Из-за присутствия в коллективе большого количества людей с ТИМом ЛСИ, а также решительных — «волевых» — сенсориков, группа порой плохо управляется, а сотрудникам с ТИМом ЛСИ сложно реализовать свою лидерскую сущность.

5. Существует проблема превалирования или акцентуации одного (или нескольких) ПР в среде коллектива. Решить ее можно, дополнив коллектив сотрудниками соответствующих типов: ЛСЭ и ЭСИ, что позволит сбалансировать коллектив по ПР: рассудительность, демократизм и объективизм.

Анализ показал, что в настоящее время для решения стоящих перед компанией задач подобная ССС является достаточно эффективной. Полученные результаты хорошо коррелируются с выводами руководства компании. Со слов руководителя компании (ЛСИ): «Конечно, мы понимаем, что темпы развития при долгосрочных перспективах частично страдают. Придет время, и наши

цели и задачи поменяются, и мы сможем быстро развиваться и завоевывать рынки».

Таким образом, ситуация в коллективе компании по трем дихотомиям представлена следующими количественными характеристиками (табл. 3).

Таблица 3

Количественное распределение полюсов признаков, образующих МГ № 1 в коллективе компании

Название полюсов	Начальный психологический климат	Оптимизированный психологический климат	Идеальный психологический климат
Решительный	8	7	6,2
Рассудительный	2	3	3,8
Субъективист	10	8	6,2
Объективист	0	2	3,8
Аристократ	8	7	6,2
Демократ	2	3	3,8

Как следует из диаграммы на рис. 2, где представлено три варианта соционической среды описываемой группы, соционическая среда этой группы не изменилась, но после выполнения данных нами рекомендаций, соотношение пар признаков сместилось в сторону Золотого сечения («идеальной» ситуации).

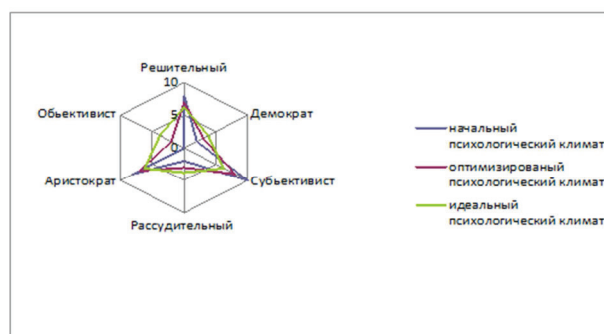


Рис. 2. Гармонизация соционической среды в коллективе компании

Для закрепления компании на рынке предлагается постепенно вводить в коллектив людей, ТИМы которых частично соответствуют сложившейся ССС, и, тем самым, стремиться к достижению Золотого сечения в соотношении между признаками, превалирующими в ТСС и противоположными (напомним, в этом примере ССС и ТСС совпадают), а сотрудников с ТИМом ЛСИ постепенно переводить на руководящие должности при расширении компании.

5. Перспективы развития

В дальнейших исследованиях целесообразно определить влияние направленности среды (НС) на проявление человеком его ТИМных качеств и проявление этого влияния. При этом необходима проработка технологии определения НС. Кроме того, интересными направлениями являются разработка взаимодействия различных сред, изменения поведения и реакций представителей каждого ТИМа при попадании в ту или иную среду, адаптация человека к новой среде. При этом человек рассматривается, как нечто включенное в среду, ее не-

обходимая часть, без которой само целое — среда —не-обратимо изменяется.

Целесообразно также проанализировать вопросы связи ТСС коллектива и ССС, количественное и качественное определение факторов, влияющих на формирование соционической среды, т. е. вопросы выраженности соционической среды. Наконец, в практическом плане, использование компьютерной программой «Лад» открывает широкое поле конструирования соционических сред для решения определенных задач.

6. Выводы

Резервы производства в условиях современности лежат в формировании определенной организационной культуры, т. е. способности работать в кросс-функциональных командах, в гибкой организационной среде, управляемой изменениями в ней, пользоваться управленческим инструментарием. Использование комплексных соционических знаний позволит руководителю любого уровня избегать искусственных барьеров между собой и подчиненными, формировать целевые команды, способные решать поставленные задачи в любых сферах деятельности человека.

В информационной среде для одного или нескольких ПР один из полюсов признака/признаков может быть более проявлен, чем другой, т. е. некоторым средам в силу самого их существования может быть свойственна некая избирательность в транслировании информации в контексте тех или иных ПР.

Соционическая среда влияет на информационный метаболизм человека (т. е. на процесс усвоения, обработки и передачи информации психикой человека), стимулирует его реагировать в контексте направленности среды, в которую он включен. Таким образом среда стимулирует человека реагировать и выдавать информацию по тем полюсам ПР, которые соответствуют избирательностям данной среды чаще, чем человек обычно реагирует вне данной среды. Исследования авторами различных групп выявили, что если в коллективе ССС и ТСС совпадают, данный коллектив справляется со стоящими перед ним задачами лучше, чем коллектив, в котором ССС и ТСС не совпадают, однако дальнейшая работа в этом направлении необходима.

Разработанная компьютерная программа «Лад», позволяет проектным менеджерам и членам проектных команд оптимизировать психологический климат между собой. Программа выдает теоретические и практические рекомендации для совершенствования межличностного общения, повышения коммуникационных способностей, а также профилактики депрессии, стрессов и умения владения собой в различных производственных и непроизводственных ситуациях. Знание особенностей общения внутри той или иной группы помогает, как грамотно сочетать людей в рабочем коллективе, так и создавать специфические группы для разных целей: для долговременного сотрудничества, для «мозгового штурма» и т. д.

С использованием данной программы проведен анализ производственной среды в трудовом коллективе: выбрана украинская компания, работающая в производственной сфере — «САНТЬЯГО КО». Разработаны рекомендации оптимизации внутреннего психологического климата проектных команд, как путь повышения конкурентоспособности предприятия.

Литература

1. Шульга, В. Г. Формирование коммуникативной компетентности персонала в экстремальных условиях на основе мета-соционики и нейролингвистической психологии [Электронный ресурс] — Режим доступа : URL: <http://www.socionic.ru/index.php/> — 2010-10-04-22-18-00/952.
2. Филатов, А. С. Особенности формирования кросс-функциональных команд для управления инновационными проектами [Текст] : сб. науч. тр. «Управление проектами и развитие производства» / Восточноукраинский нац. ун-т им. В. Даля. — Луганск, 2010.
3. Букалов, А. В. Соционика, типологии Юнга и Майерс-Бриггс: сходства и различия [Текст] / А. В. Букалов // Соционика, ментология и психология личности. — 1998, № 4.
4. Забиров, М. В. Сравнительный анализ типологий личности Майерс-Бриггс и А. Аугустинавичюте [Текст] / М. В. Забиров // Соционика, ментология и психология личности. — 1999, № 1. — С. 8–14.
5. Тайгер, П., Баррон-Тайгер Б. Читать человека, как книгу [Текст] : пер. с англ. — М. : Аст, 2000.
6. Окладников, В. И. Дезинтеграция личности [Текст] / В. И. Окладников, Г. Г. Кухлова. — И. : Оттиск, 2004. — 180 с.
7. Букалов, А. В. О распределении соционических типов в различных производственных коллективах [Текст] / А. В. Букалов, О. Б. Карпенко, Г. В. Чикирсова // СМиПЛ. — 2000. — № 1.
8. Гибсон, Дж. Экологический подход к зрительному восприятию [Текст] : пер. с англ. — М. : Прогресс, 1988.
9. Букалов, А. В. Квадровые группировки в управленческих коллективах [Текст] / А. В. Букалов, О. Б. Карпенко // МиК : психология управления, соционика и социология. — 2008. — № 3.
10. Рейнин, Г. Тайны типа. Модели. Группы. Признаки [Текст] / Г. Рейнин. — М. : Черная Белка, 2010. — 296 с. — (Библиотека SOCIONICA. Выпуск 2.).
11. Бережная, Н. В. Этапы развития организации [Текст] / Н. В. Бережная // Менеджмент и кадры. — 2003. — № 2.

ОПТИМІЗАЦІЯ ВНУТРІШНЬОГО ПСИХОЛОГІЧНОГО КЛІМАТУ ПРОЕКТНИХ КОМАНД ЯК ШЛЯХ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОЗДАТНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

У статті розглянуті підходи, які дозволяють підвищити ефективність взаємодії між членами проектною командою. Визначені основні проблеми, пов'язані із загальним психологічним середовищем в команді. Запропоновано підхід оптимізації внутрішнього психологічного клімату команди для ефективного використання трудових ресурсів з використанням комп'ютерної програми «Лад». Розглянуто приклад оптимізації внутрішнього психологічного клімату для підприємства «САНТЬЯГО КО».

Ключові слова: проектна команда, управління командою, соціоніка, психологічний клімат, оптимізація роботи команди.

Филатов Антон Сергеевич, соискатель на степень кандидата технических наук, специальность управления проектами и программами, Киевский Национальный университет строительства и архитектуры (г. Киев), e-mail: toverdyslav@ukr.net.

Хрутьба Виктория Александровна, кандидат технических наук, доцент, Национальный транспортный университет (г. Киев), e-mail: hrutba@mail.ru.

Філатов Антон Сергійович, здобувач на ступінь кандидата технічних наук, спеціальність управління проектами та програмами, Київський Національний університет будівництва і архітектури (м. Київ).

Хрутьба Вікторія Олександрівна, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет (м. Київ).

Filatov Anton, Kievskiy National University construction and architecture, e-mail: toverdyslav@ukr.net.

Khrutba Viktoriia, National Transport University, e-mail: hrutba@mail.ru.

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF WATER TREATMENT FOR INTENSIFICATION OF CROP GROWTH**

page 3–8

The article presents a new technology of water preparation for crops watering, based on the cavitation water treatment. The article describes the high-productive low frequency vibrational cavitator for cavitation water treatment, the results of experimental studies of the impact of activated cavitation of water on germination and growth of legumes and crops. We have confirmed positive effect of cavitation water treatment on the rate of germination and growth of crops, high efficiency of vibroresonance cavitation treatment as a mean of active restructuring of water to the state approximate to its monomolecular structure. It was determined that regardless of species of plants studied the rate of their growth when watering with cavitationally treated water significantly exceeds the growth rate when watering with regular water, and the difference in the rate of growth depends on a variety of crops and increases with increasing the duration of watering.

Keywords: water, crops, watering, activation, cavitation.

References

1. Marhulis, M. A. (1984). *Osnovy zvukokhimii (khimicheskye reaktsyy v akusticheskikh poliakh)*. Moscow: Vyssh. shk. 272 p.
2. Vitenko, T. M. (2009). *Hidrodynamiczna kavitatsia u maso-obminnykh, khimichnykh s biologichnykh protsesakh. Monohrafiia*. Ternopil: Ternopil'skyi derzh.-tekhn. un-t im. I. Puliuia. 224 p.
3. Silin, R. I., Baran, B. A., Hordieiev, A. I. (2009). *Vlastyvoli vody ta sychasni sposoby ii ochyshchennia*. Khmelnytskyi: KhNU. 254 p.
4. Starchevskiy, V. L., Shevchuk, L. I., Aftanaziv, I. S., Strohan, O. I. (2011). Patent Ukrainy N 66323. *Prystrij dlia mahnitokavitatsiinoi obrobky ridyn*. Zaiavl. 11.07.2011; reiestr. nomer zaiavky u 2011 08663, opubl. 26.12.2011. Biul. N 24.
5. Mason, T. J., Joyce, E., Phull, S. S., Lorimer, J. P. (2003). Potential uses of ultrasound in the biological decontamination of water. *Ultrasonics Sonochemistry*. 6, N 10, p. 319–323.
6. Kidak, R., Wilhelm, A.-M., Delmas, H. (2009). Effect of process parameters on the energy requirement in ultrasonic treatment of waste sludge. *Chemical Engineering and Process*. 48, N 8, p. 1346–1352.
7. Kumar P. S., Kumar M. S., Pandit A. B. (2000). Experimental quantification of chemical effects of hydrodynamic cavitation. *Chemical Engineering Science*. N 55, p. 1633–1639.
8. Ashokkumar, M., Lee, J., Kentish, S., Grieser, F. (2007). Bubbles in an acoustic field: An overview. *Ultrasonics Sonochemistry*. 14, N 4, p. 470–475.
9. Okitsu K., Suzuki T., Takenaka, N., Bandow, H., Nishimura, R., Maeda, Y. (2006). Acoustic multibubble cavitation in water: A new aspect of the effect of a rare gas atmosphere on bubble temperature and its relevance to sonochemistry. *J. Physical Chemistry*. 110, N 41, p. 20081–20084.
10. Gogate, P. R. (2008). Cavitation reactors for process intensification of chemical processing applications: A critical review. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensif*. 47, N 4, p. 515–527.
11. Starchevskiy, V. L., Shevchuk, L. I., Aftanaziv, I. S., Strohan, O. I. (2012). Patent Ukrainy N 67504. *Sposib aktyvatsii vody*. Zaiavl. 20.07.2011; reiestr. nomer zaiavky u 2011 09092, opubl. 27.02.2012. Biul. N 4.
12. Shevchuk, L. I., Aftanaziv, I. S., Koval, I. Z., Strohan, O. I. (2012). Vibration resonant cavitation processing of the liquid substances. *Eastern-European Journal Of Enterprise Technologies*, 2(6(56)), 17–23. Retrieved from <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/3738>.

MATHEMATICAL MODEL OF OPERATIONAL CONTROL OF MODES OF DRAINAGE SYSTEM IN SETTLEMENTS

page 9–14

The article concerns the question of the parameters of the drainage systems in settlements, which will ensure the protection of purification plants from water contaminated over the standards. The article presents a fragment of the controlled module, which is designed to regulate the supply of industrial, household and surface sewage and drainage water to biological purification plants and to stop water in case of contamination above the standards. The regulation of water supply to modules is carried out from the central operational control, equipped with an automated system of control and regulation of sewage and drainage water. The module also includes the regulatory tanks, used to collect surface sewage and drainage water and supply it to biological purification plants with total costs that do not exceed their designed capacity. Analytically we have determined the parameters characterizing the modes of filling and emptying of tanks of the protection system of biological purification plants.

Keywords: drainage system; mode, industrial, household, surface drainage water.

References

1. Yakovlev, S., Karelin, A., Zhukov, A., Kolobanov, S (2012). *Sewerage system*. Textbook for universities on spec. «Water and sanitation». Years of Me Print, 638 p.
2. Directive 2000/60/ EC of the European Parliament and of the Council of 23 October 2000 establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Union*. L 327, 72 p.
3. Tyler Miller, G. (1997). *Living in the Environment* (Ninth Edition). Wadsworth Publish Company, ITP California USA, 800 p.
4. Dmitrieva, O. (2008). *Environmentally safe water in settlements of Ukraine*. K, Council of Productive Forces of Ukraine, 459 p.
5. Council Directive 91/271/EEC of 21 May 1991 concerning urban waste-water treatment. *Official Journal L* 135, 30/05/1991/ P.0040–0052. CELEX:31991L0271:EN:HTML.
6. Dmitrieva, E. (2006). *The current concept of water management settlements of Ukraine*. Productive forces and regional economy. K, RVPSU, Part II, 228–238.
7. Dmitrieva, E. (2008). *Innovatsiyni technology restructuring water in settlements of Ukraine*. Mechanism of regulation of the economy, № 2, 196–200.
8. Lewis, A., Rossman, L. A. (1997). *STORM WATER MANAGEMENT MODEL USER'S MANUAL*. Version 5.0. National Risk Management Research Laboratory Office of Research and Development U.S. Environmental Protection Agency Cincinnati, OH 45268, 249 p.
9. Haith, D. A., Mandel, R., & Wu, R. S. (1992). *GWLF: Generalized watershed loading functions* (User's Manual, version 2.0). Cornell University.

10. Vygodskiy, M. (2006). Handbook on higher mathematics. Moscow, ACT, 991 p.

THE USE OF NEW TYPES OF MINERAL RAW UKRAINE IN TECHNOLOGY CERAMIC ARTICLES WITH COATED

page 14–17

In the paper in order to save energy and reduce production costs the feasibility of using the domestic quartz-feldspar (QFS) has been shown. Research focuses on the use of new import-veneering raw materials in the production of ceramic. Due to convergence of chemical compounds basics and glaze coating products, it is possible to use single-firing technology and to low the temperature to 1100–1150 °C. The efficiency of the marshes as QFS different mineral composition materials of ceramic masses and non-frit coatings has been determined.

Based on the previous studies of the mineral composition raw materials, their melting characteristics and firing products phase composition, the ceramic material and glaze coating have been developed. Predicted and experimentally determined operational properties values of the vitrified floor tiles have conformed to the requirements of DSTU B V.2.7-117-2002 and exceeded them in terms of heat resistance (200 °C) and abrasion resistance (0,017 g/cm²).

The optimal compositions of ceramics body and glazes on the base of previously unused quartz-feldspar raw materials have been obtained. It allowed the current technological and economic problem to be solved.

Keywords: feldspar raw material, single burning, economy of energy resources.

References

1. Kochubey Y. A. (2007). Resources base of china, porcelain, ceramic and glass construction. Raw materials for the production of porcelain, earthenware, pottery and glass construction. Status and prospects of materials: III Interdisciplinary Scientific-practical conference, Gurzuf, Crimea. September 10–14, 2007. P. 8–11.
2. Ryshchenko M., Shchukina L., Fedorenko E., Firsov K. (2008). Possibility of obtaining ceramogranite using quartz-feldspar raw material from Ukraine. *Glas and Ceramics*. 2008. Vol. 65, Iss. 1–2. P. 23–26.
3. Konev N. N., Salo I. P. Removal of iron-containing impurities using the magnetic separation method. *Glas and Ceram.* 1999. V. 56. N 1–2. P. 32–33.
4. Rudy M. G., Kozar M. A., Dzyaduk A. P. (2005). Granitoid rocks of the Ukrainian Shield – Non-traditional sources of feldspar. Raw materials for the production of porcelain, earthenware, pottery and glass construction. Status and prospects of materials: 1 interbranch scientific and practical Meeting, 3–7 October 2005. Moscow, Severgeologiya. P. 53–57.
5. Phase Equilibrium Diagrams of Oxide Systems NIST Standart Reference Database 31 (ACerS-NIST Phase Equilibria Diagrams CD-ROM Database v. 3.1.0, 2006). ISBN 0-916094-04-9.
6. Fedorenko E. Y. (2012). Densely sintered, multipurpose ceramics of low temperature synthesis. *Dis. ... Dr. Tech. Sciences*: 05.17.11. Kharkov. 541 p.
7. Hubertus R. (1998). Process technology in whitewares: where do we stand and what is to be expected. *Ind.ceram. et ver.* 1998. — Vol. 81, № 11. — P. 678–685.

8. Lisachuk G. V., Fedorenko E. Y., Belostotskaia L. O., Trusova Y. D., Pavlova L. V., Bludova I. V. (2009). Building materials based on quartz-feldspar and plagioclase raw. *Ceramics: Science and life*. Kyiv, № 3(5). pp. 43–51.
9. DSTU B V.2.7-117-2002 (GOST 6787-2001). Tile floor. Specifications. State Committee of Ukraine on Construction and Architecture (from 2002.07.05). K., 2002.
10. Zakharov A. V., Lisachuk G. V. (2012). Prospects for the use of quartz-feldspar material in the production of technical and building ceramics. Technology and application of refractories and technical ceramics industry: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Kharkov, 24–25 April 2012. Kharkov, Caravel. pp. 60–61.

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES OF UTILIZATION OF THE OIL CONTAINING WASTES

page 17–21

Formation of wastes is a considerable problem for enterprises and structural subdivisions of railways. Technological heavy mineral oils and oils apply to such wastes annually accumulating in great amounts. The method of utilization depends on composition of waste, his properties and amount. In article traditional methods of utilization and renewal of the fulfilled lubricant cooling fluids, petropolluted soil, used motor oils of separate brands are considered. The analysis of current technologies and schemes of regeneration and utilization of the oil containing wastes led to drawing the conclusion that the physical-and-chemical methods are the most promising, in particular the use of different types of advanced surface-active substances (surfactants). We conducted the laboratory studies to recover the properties of the oil containing wastes with a wide range of surface-active substances (surfactants). Specifically, some quantity of surfactants tested, among which oxyethylated monoalkylphenylic acid (neonol AF 9-12) for lubricant cooling fluids, Syntanol ALM-10 for petropolluted soil, neonol AF 9-12 for motor oil gave the best results. In developing the scheme of recovery of operating quality of the oil containing wastes for the purpose of forming and calculating the process flow diagram suggested, the process optimization, namely temperature, reagent amount, and time of its contact with oil was conducted. The new technologies with use of surface-active substances are offered.

Keywords: lubricant cooling fluids, petropolluted soil, oil, utilization, surface-active substances.

References

1. Anserov, Yu. M., Durnev, V. D. (1989). *Mashinostroyeniye i okhrana okruzhayushchey sredy*. L.: Mashinostroyeniye. 224.
2. Kostyuk, V. I., Karnaukh, G. S. (1990). *Ochistka stochnykh vod mashinostroitelnykh predpriyaty*. Kiyev: Tekhnika. 120.
3. Smirnov, D. N., Genkin, V. Ye. (1989). *Ochistka stochnykh vod v protsessakh obrabotki metallov*. M.: Metallurgiya. 224.
4. Bezovska, M. S., Zelenko, Yu. V., Yarishkina, L. O. (2011). Sposib regeneratsii vidpratsyovanoï motornoï olivi: pat. 95154 Ukraina: MPK S 10 M 175/00, zayavnik ta patentovlasnik Dnipropetrovsky natsionalny universitet zaliznichnogo transportu imeni akademika V. Lazariana. № a 2009 13563; zayavl. 25.12.2009; opubl. 11.07.2011, Byul. № 13. 4.

5. Bezovska, M. S., Zelenko, Yu. V. (2012). Sposib ochistki vidpratsyovanoi motornoї olivi dlya dizeliv: pat. 70077 Ukraina: MPK S 10 M 175/00, zayavnik ta patentovlasnik Dnipropetrovsky natsionalny universitet zaliznchnogo transportu imeni akademika V. Lazariana. № u 2011 13558; zayavl. 18.11.2011; opubl. 25.05.2012, Byul. № 10. 3.
6. Instruktsiya z vikoristannya mastilnikh materialiv na tyagovomu rukhomomu skladi zaliznits Ukraini: TsT-0060. (2003). K.: Standart. 51.
7. DSTU 4454:2005. Nafta i naftoprodukti. Markuvannya, pakuvannya, transportuvannya ta zberigannya. (2006). K.: Derzhspozhivstandart. 34.
8. Nikulin, F. Ye. Utilizatsiya i ochistka promyshlennykh otkhodov (1980). L.: Sudostroyeniye. 232.
9. Plakhotnik, V. N., Yaryshkina, L. A., Sirakov, V. I. i dr. (2001). Prirodookhrannaya deyatel'nost na zheleznodorozhnom transporte Ukrainy: problemy i resheniya. K.: Transport Ukrainy. 244.
10. Smetanin, V. I. (2003). Zashchita okruzhayushchey sredey ot otkhodov proizvodstva i potrebleniya: uchebnoye posobiye. M.: Kolos. 230.
11. Zelenko, Yu. V. (2010). Naukovi osnovi ekologichnoi bezpeki tekhnologii transportuvannya ta vikoristannya naftoproduktiv na zaliznchnomu transporti. Dn-vsk: Vid-vo Makovetsky. 192.

ADVANTAGES OF USE OF CASCADE SCHEMES AND METERING GEAR PUMPS WHEN EXTRUDING POLYMERS

page 21–24

The article analyzes the major famous schemes of extrusion units. It provides the parameters that characterize and define the extrusion. We have formulated main problems when choosing the design parameters of an extruder. The article presents the constructive decisions for the improvement of mixing capability and increase of productivity at screw extrusion. There are conclusions as to the effectiveness and resource saving when using cascade schemes at modern works. The basic structural execution of cascade units was analyzed.

The article provides the comparative characteristics of different types of extruders. We consider the accuracy of metering, the change of pressure and temperature during extrusion of polymers on different types of extruders: screw, screw with a metering gear pump, cascade screw disk, cascade gear disk. We have determined the effectiveness of the use of gear pump by increasing the accuracy of metering and reducing the average temperature of melting.

Keywords: extrusion, cascade unit, polymer, gear pump, extrudate.

References

1. Kryzhanovskiy, V. K., Kerber, M. L., Burlov, V. V., Panimatchenko, A. D. (2008). Production of Polymeric Materials. St. Petersburg, Profession, 460.
2. Kim, V. S. (2005). Theory and practice of polymer extrusion. Moscow, Chimie, 567.
3. Rauvendaal, K. (2006). Extrusion of polymers. St. Petersburg, Profession, 768.
4. McKelvie, D. M. (1965). Plastics Processing. Moscow, Chimie, 442.
5. Bernkhard, E. (1965). Processing of Thermoplastic Materials. Moscow, Chimie, 748.
6. Jacobi, H. R. (1960) Extrusion of Plastics. Karl Hanser Verlag., 1, 105–127.
7. Tadmor, Z., Klein, T. (1970) Engineering Principles of Plastics Extrusion. Modern Plastics., 6, 46–54.
8. Maxwell, B., Scalore, L. (1970) Mashin for Extrusion. van Nostrand Romhold comp., 4, 7–18.
9. Collings, S. (1982) Plastics Machinery and Equipment. Nature., 2, 26–29.
10. Donovan, R. (1971) A Theoretical Melting Model for Plastics Extruders. Polym. Eng. Sci., 11, 247–257.

HIGH TEMPERATURE PROCESSES OF PHASE FORMATION IN THE SYSTEM «CEMENT «GORKAL-70» — MICROSILICA»

page 25–28

The use of microsilica in the refractory concrete on calcium aluminates cement contributes to the formation of an effective structure and physico-mechanical properties of concrete in linings of thermal units.

The features of high-temperature processes in the system «calcium aluminates cement – microsilica», and the formation of the crystalline and amorphous phases are determined by the ratio of components, their mineralogical and chemical composition.

The article presents the results of studies of the physical and chemical processes occurring during the thermal heating of model mixtures of hydrated compositions «cement «Gorkal-70» – microsilica».

Using the differential thermal analysis and X-ray diffraction, we have studied the effect of low quality microsilica on the mechanism of phase formation and established the mineralizing effect of impurities on the formation of the crystalline and amorphous phases. The article shows the possibility of directional control of the synthesis of anorthite and gehlenite by varying the proportion of the components of the system «cement «Gorkal-70» – microsilica», which affects the formation of a given structure and properties of refractory concrete.

Keywords: refractory concrete, cement, microsilica, temperature heating, phase composition.

References

1. Goberis S., Antonovich V., Pundene I., Stonys R. (2007) Vliyanie kachestva mikrokretnezema na reologii tsementnogo testa i kharakteristiki nizkotsementnogo zharostoikogo betona na shamotnom zapolnitele. New refractories, 5, 41–46.
2. Santos W. N. (2003) Effect of moisture and porosity on the thermal properties of a conventional refractory concrete. Journal of the European Ceramic Society, 23, 745–755.
3. Kumar S. (2003) Thermo-mechanical behavior of low cement castables derived from mullite aggregates synthesized from beach sand sillimanite. Ceramics International, 29, 139–144.
4. Altun I. A. (2001) Effect of temperature on the mechanical properties of self-flowing low cement refractory concrete. Ceramics International, 31, 1233–1237.
5. Goberis S., Pundene I. (1998) Vliyanie mikrosilitsii na svoystva zharostoikogo betona s zapolnitelem iz loma shamota. Refractories and technical ceramics, 9, 13–16.
6. Myhre B. (2005) Microsilica in refractory castables. — How does microsilica quality influence performance. 9th Biennial Worldwide congress on refractories, 191–195.
7. Kuznetsova T. V., Talaber Y. (1988) Glinozemisty tsement. M.: Stroyizdat, p. 272.

8. Goberis S., Pundene I. (2001) Issledovanie termostoikosti nizkotsementnykh zharostoikikh betonov. Refractories and technical ceramics, 2, 34–38.
9. Goberis S., Pundene I., Shpokauskas A., Val T. (2003) Issledovanie roli mikrokremnezema v viazhushem srednetsementnogo zharostoikogo betona. Refractories and technical ceramics, 2, 9–14.
10. Strakhov V. I., Korzhikov V. V., Pavlova E. A., Zhidkov A. B., Denisov D. E. (2009) Ob izmenenii fazovogo sostava matrits ognepurnykh betonov $\text{CaO-Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ pri termicheskom vozdeistvii. Refractories and technical ceramics, 1–2, 12–18.

INFLUENCE OF MECHANICAL ACTIVATION ON CURING PROCESSES OF REFRACTORY CONCRETE AND ITS PROPERTIES

page 29–33

Significant advantages of low-cement refractory concrete with low porosity, high mechanical strength, chemical resistance and thermal stability, and adaptability to the operating conditions in linings of thermal units determine the prospects for further increase in consumption of concrete and development of scientific bases of technology of its production. A promising method of creation of composite materials with an efficient structure and improved properties is the mechanical activation.

We have studied the effect of the mechanical activation of electric corundum and a matrix component of low-cement corundum concrete on the change of the morphology and physical properties of materials, hardening kinetics and properties of the concrete. It was determined that an increase in the duration of the mechanical activation of electric corundum has a significant impact on the change of acid-base balance of suspensions, reactivity of the matrix component and the rate of hardening of a paste.

The experimental research showed the possibility of use of the mechanical activation of components of the low-cement corundum concrete, as an effective way of directed control of activity of the matrix component, rate of cement hydration, formation of hydrogel and colloid of cement phase, development of crystallization contacts between cement and aggregate particles that promote formation of an efficient structure and properties of refractory concrete.

Keywords: low-cement corundum concrete, electric corundum, calcium aluminates cement, matrix component, mechanical activation, hardening kinetics, properties.

Referenses

1. Pivinskii YU. E., Usyarov O. G. (2006) Neformovannye ognepurny novogo pokoleniya. Novye ognepurny, 1, 35–41.
2. Kashcheev I. D., Ladygichev M. G., Gusovskii V. L. (2004) Neformovannye ognepurny: spravoch. izd. v 2 t. M.: Teplotekhnika, 2: Svoystva i primenenie neformovannykh ognepurnykh, 440.
3. Kovalenko V. V., Gorobets L. Zh. (2008) Synergetychnyi efekt zrostanya mitsnosti betona vnaslidok mekhanooaktyvatsii. Vestnik Natsional'nogo tekhnicheskogo universiteta «Khar'kovskij politekhnicheskij institut», 38, 113–118.
4. Abramov M. A., Stepanov E. G., Yablonsky O. P. (2009) Vliyanie mekhanokhimicheskoyi aktyvatsii na fiziko-khimicheskie svoystva kvartsevogo peska i strukturno-mekhanicheskie kharakteristiki viazyushchikh kompozitsiy na ego osnove. Chemistry and chemical technology, 52, 8, 75–77.
5. Boldyrev V. V. (2006) Mekhanokhimiia i mekhanicheskaia aktyvatsiia tverdykh vechestv. Achievements Chemistry, 75, 203–216.
6. Boldyrev V. V. et. al (2009) Fundamentalnye osnovy mekhanicheskoyi aktyvatsii, mekhanosinteza i mekhanokhimicheskikh tekhnologii. Novosibirsk : SO RAMN, 343.
7. Prokofiev V. YU., Gordina N. E. (2012) Processy izmelcheniya i mekhanicheskoyi aktyvatsii v tekhnologii oksidnoy keramiki. Glass and ceramics, 2, 29–34.
8. Kosenko N. F., Smirnova M. A. (2011) Sintez magnezialno-aluminatnoi shpineli iz oksidov s razlichnoi predistoriei. Refractories and technical ceramics, 9, 3–11.
9. Kong L. B., Ma J., Huang H. (2002) MgAl_2O_4 spine phase derived from oxide mixture activated by a high-energy ball milling process. Mater Lett, 56, 3, 238–243.
10. Zhihui Zh., Nan L. (2004) Influence of mechanical activation of Al_2O_3 on synthesis of magnesium aluminate spinel. Sci. Sinter, 36, 2, 73–79.
11. Domansi D., Urretavizcaya G., Castro F.J. et. al (2004) Mechanochemical synthesis of magnesium aluminate spinel powder at room temperature. J. Amer. Ceram. Soc, 87, 11, 2020–2024.

OPTIMIZATION OF INTERNAL PSYCHOLOGICAL CLIMATE OF PROJECT TEAMS AS A WAY TO INCREASE THE COMPETITIVENESS OF AN ENTERPRISE

page 33–37

The object of the research is the formation of a project team to enhance the competitiveness of enterprises. The subject of the research is the formation of the internal psychological climate of project teams.

The purpose of this research is to develop a mechanism to optimize the internal psychological climate in project teams for the effective use of human resources based on the analysis of the features of the sociogenic environment itself as well as on the analysis of the intensity of the poles that form this environment (i. e. what the percentage of each pole are Reinin Criterion (RC) is).

The author has defined the main problems associated with general psychological environment in the team, with the processes of information exchange in the community at the intersection of various disciplines: project management, sociotics and information science.

Using knowledge of these disciplines helps to create decision support system for project managers. The computer program «Lad» can be applied by project managers and project team members to develop a strategy and tactics of the optimization of the internal psychological climate in the team in order to solve effectively their specific tasks. Knowledge of the characteristics of communication within a particular group helps both to effectively combine people in a working environment and to create specific groups for different purposes: for long-term cooperation, for «brainstorming», etc.

The author has suggested an approach to optimize the internal psychological climate of a team for efficient use of human resources with the computer program «Lad».

Keywords: design team, management team, sociotics, psychological climate, the optimization of the team.

References

1. Shulha V. H. (2010) Formirovaniie komunikativnoy kompetentnosti personala v ekstriemalnykh usloviyakh na osnovie mieta-sotsioniki s nieirolnhvisticheskoi psicholohii. Available at: <http://www.socionic.ru/index.php/2010-10-04-22-18-00/952>.
2. Filatov A. S. (2010) Osobienosti formirovaniia kros-funktionalnykh komand dlia upravleniia inovatsionymi proektami – sb. nauch. Tr. «Upravleniie proektami i razvitiie proizvodstva», Vostochnoukrainskii nast. un-t im. V.Dalia, Luhansk.
3. Bukalov A. V. (1998) Sotsionika, tipolohii Iunha i Maiiers-Brihhs: skhodstva i razlichiiia. «Sotsionika, mentolohiia i psicholohiia lichnosti», № 4.
4. Zabiroy M. V. (1999) Sravnitielnyi analiz tipolohii lichnosti Maiiers-Brihhs i A. Auhustinavichiutie. «Sotsionika, mentolohiia i psicholohiia lichnosti», № 1, 8–14.
5. Paul D. Tieger, Barbara Barron-Tieger (1998) The Art of Speed Reading People: How to Size People Up and Speak Their Language. Little Brown & Company, 224.
6. Okladnikov V. I. (2004) Dezintehratsiia lichnosti. I. : Ottisk, 180.
7. Bukalov A. V., Karpenko O. B., Chikirisova H. V. (2000) O raspriedielenii sotsionicheskikh tipov v razlichnykh proizvodstviennykh koliektivakh. SMiPL, № 1.
8. James Jerome Gibson (1986) The Ecological Approach to Visual Perception. Routledge, 332.
9. Bukalov A. V., Karpenko O. B. (2008) Kvadrovyie hrupirovki v upravliencheskikh koliektivakh. MiK: psicholohiia upravleniia, sotsionika i sotsiolohiia, № 3.
10. Rieinin H. (2010) Tainy tipa. Modeli. Hrupy. Priznaki. [Text] / Rieinin H. – Moscow, Chernaia Belka, (Bibliotieka SOCIONIKA. Vypusk 2), 296.
11. Berezhnaia N. V. (2003) Etapy razvitiia orhanizatsii. Menedzhment i kadry, № 2.