

УДК 502.174:624.012.45

**В. О. АВТОМОНОВА, В. В. ВЛАСЕНКО, К. О. ЗАЙЦЕВА, С. П. КРИВІЛЬОВА****РЕЦИКЛІНГ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА ТА БРУХТУ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ЯК ЦЕНТРАЛЬНА ЛАНКА КОНЦЕПЦІЇ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ ЗАВОДІВ ЗБК**

На сьогодні екологізація виробництв є одним з невід'ємних елементів державної безпеки України. Навіть найсучасніші заводи ЗБК недосконалі і створюють певний екологічний ризик забруднення та небезпеку для здоров'я людини на прилеглих територіях. В статті пропонується найбільш раціональний шлях зменшення негативного впливу заводів ЗБК на довкілля – екологізація їх технологічних циклів. Розроблена концепція екологізації діючих підприємств ЗБК, яка полягає в тому, що підприємство повинне стати екологічно чистим модулем. Центральною ланкою цього модуля має бути система рециклінгу для повторного використання відходів виробництва: шламу після промивки міксерів та барабанів та брухту ЗБК. Запропонований метод переробки шламу, наведена технологічна схема установки рециклінгу залишкового бетону. Проведено огляд існуючих методів переробки брухту, наведена технологічна схема установки переробки брухту ЗБК. Запропоновані віброщоккові дробарки для отримання вторинного щебеню з відходів бетону.

**Ключові слова:** концепція екологізації, завод з виробництва залізобетону, рециклінг, шлам, бетонний лом.

На сегодняшний день экологизация производств является одним из неотъемлемых элементов государственной безопасности Украины. Даже самые современные заводы ЗБК несовершенные и создают определенный экологический риск загрязнения и опасность для здоровья человека на прилегающих территориях. В статье предлагается наиболее рациональный путь уменьшения негативного влияния заводов ЗБК на окружающую среду – экологизация их технологических циклов. Разработана концепция экологизации действующих заводов ЖБК, состоящая в том, что предприятие должно стать экологически чистым модулем. Центральное звено этого модуля – система рециклинга для повторного использования отходов производства: предложен метод переработки шлама, приведены технологическая схема установки рециклинга остаточного бетона и схема установки переработки отходов ЖБК. Для получения вторичного щебня из отходов бетона предложены виброщокковые дробилки высокой производительности.

**Ключевые слова:** концепция экологизации, завод по производству железобетона, рециклінг, шлам, бетонный лом.

Nowadays environmentalization of plants is one of intrinsic elements of Ukrainian national security. Even the up-to-date plants of reinforced concrete framing are imperfect, they create certain risk of environment pollution and menace to human health at adjacent areas. The article proposes a highly reasonable way to reduce negative environment effect from plants of reinforced concrete framing, namely, environmentalization of their process cycles. Recycling of concrete waste helps saving the landfill space. Among various types construction materials, concrete waste more than half of the total waste generation. The current practice for dumping concrete waste to landfills generates a significant quantity of waste from plants on the production of reinforced-concrete constructions. Recycling concrete waste from plant of reinforced concrete framing as recycled aggregate is one of the methods of ecologization of production on operating plants on the production of reinforced-concrete constructions. The developed concept for operating plants of reinforced concrete framing consists in turning plant into an environment-friendly module. The backbone of this module is recycling system for plant waste reuse: a method is proposed for mud recovery, process diagram specified for residual concrete recycling unit and waste treatment diagram for waste from plants of reinforced concrete framing. To obtain rubble from broken concrete we offer high-capacity jaw crusher.

**Keywords:** environmentalization concept, plant of reinforced concrete framing, recycling, mud, concrete scrap.

**Вступ.** Сьогодні важко уявити собі сучасне будівництво мегаполісів, високотехнологічних промислових комплексів, об'єктів транспортної інфраструктури і всього, що так необхідно людству, без такого будівельного матеріалу, як бетон і залізобетонні конструкції на його основі.

З моменту створення звичайного, а трохи пізніше попередньо напруженого залізобетону пройшло зовсім небагато часу, а залізобетонні конструкції міцно увійшли у життя людей, і ця галузь промисловості буде розвиватися ще багато років, перш ніж їй знайдуть гідну заміну.

Залізобетонні конструкції не лише не виходять з використання, але й продовжують удосконалюватися з року в рік. Незважаючи на появу суперсучасної технології, швидкісного друку будинків за технологією 3D принтерів, залізобетонні конструкції залишаються

найбільш дешевим і практичним способом зведення будівель.

Тому вони є одним з найбільш споживаних товарів на ринку і практично незамінним матеріалом при будівлі і реконструкції. Але обладнання для виготовлення збірного залізобетону все ще недосконале і тому заводи ЗБК негативно впливають на прилеглі території і здоров'я місцевого населення, не кажучи вже про робітників самих заводів ЗБК.

Будівельна галузь України ще має витягнути з кризи всю економіку держави і відбудувати зруйновані міста сходу. Нажаль, вона зараз працює тільки на малу частку своєї потужності. Але коли дуже застаріле обладнання вітчизняних заводів ЗБК (що так і не було модернізовано і автоматизовано певною мірою) запрацює у три зміни у повному обсязі, його негативний тиск на навколишнє середовище зросте.

**Метою** даної роботи є зменшення негативного впливу на довкілля від діяльності діючих заводів ЗБК шляхом розробки концепції їх екологізації, центральною ланкою якої є сучасна системи рециклінгу вторинного бетону і брухту ЗБК.

#### **Негативний вплив заводів ЗБК на довкілля.**

Світові лідери будівельної галузі передбачають у недалекому майбутньому кардинальні зміни у технологіях будівельного виробництва. Очікується перехід до «друку» будівель з використанням 3D технології і сучасної робототехніки (так, у цьому році американська компанія Cazza вже підписала договір з урядом Дубая в області друку житлових будинків, які вона планує будувати за 3D технологією; планується, що в такий спосіб в ОАЕ вже в найближчі роки буде будуватися 20 % всіх хмарочосів). Навіть наші східні сусіди (у Ступіно) вже «надрукували» перший житловий будинок, причому увесь цілком, а не з окремих надрукованих елементів. Але у найближчому майбутньому альтернативи такому конструкційному матеріалу як бетон і залізобетонні конструкції все ще не передбачається, і ця галузь неминуче буде розвиватись, суттєво збільшуючи обсяги випуску продукції.

Заводи з виготовлення товарного бетону і залізобетонних конструкцій займають значну долю ринку будівельних матеріалів, в одній тільки Європі їх налічується майже 2000 тисячі. В Україні заводів ЗБК десятки, причому розташування цих підприємств тягнє до мегаполісів з їх великим попитом і об'ємами будівництва. Нажаль, на сьогоднішній день діяльність заводів ЗБК призводить до певного негативного навантаження на навколишнє природне середовище, бо вони здійснюють досить суттєві викиди речовин, не завжди характерних для біосфери. Це створює певний екологічний ризик [1] як забруднення прилеглих територій, так і для здоров'я населення житлових масивів, поблизу яких (а іноді і в середині яких) ці заводи будують розташовані, як наприклад, завод ЗЖК-5 у м. Харкові.

Виробництву збірного залізобетону притаманний такий недолік, як значна кількість відходів – до 100 кг на кожен 1 м<sup>3</sup> залізобетону, але вони не завжди використовуються повторно, хоча в заводських умовах утилізація цих відходів значно спрощена.

Відсутність сучасних систем рециклінгу вторинного бетону і відходів є масовим недоліком вітчизняних заводів ЗБК; немає системи рециклінгу і на Харківському заводі ЗБК-5.

Заводи товарного бетону і ЗБК відносять до дуже водоемних виробництв будівельної індустрії. Вони використовують велику кількість води як господарсько-питної, так і технічної якості, яка використовується

для зачинення бетонів, миття технологічного устаткування, промивання барабанів автобетонозмішувачів і міксерів. Крім того для пропарювання залізобетонних конструкцій витрачається до 700 – 800 кг пари на 1 м<sup>3</sup> виробу. Через велике водоспоживання заводи ЗБК виснажують водні ресурси на територіях, де вони розміщені, і одночасно забруднюють підземні водоносні пласти водами, що змиваються з технологічних майданчиків, зі складів сировини, інфільтрації через зону аерації ґрунтів. Це призводить до накопичення і збереження на тривалий час в ґрунтах токсинів, які представляють небезпеку для популяції усіх організмів, а тому на прилеглих до заводів ЗБК територіях спостерігається комбіноване забруднення рослин і ґрунтового рослинного покриву. А контроль за станом земель у зонах техногенної дії заводів ЗБК нині практично не ведеться.

Ці заводи скидають стічні води в недостатньо очищеному виді, що порушує екологічний стан поверхневої гідросфери. Стічними водами цих підприємств є гетерогенні суміші гідроксидів металів, мазуту, олії, домішок органічного і мінеральною походження, і домішок токсичних сполук. Об'єм і склад стічних вод визначається видом продукції, що випускається, особливостями технологічних процесів і потужністю підприємства. При скиданні недостатньо очищених стічних вод не лише змінюється хімічний склад води поверхневих водойм, але й з'являються нові токсичні сполуки, збільшується мінералізація.

На сьогодні рівень використовуваних технічних рішень на вітчизняних заводах ЗБК ще недостатній для повного відвертання їх негативної дії на біосферу. Тому найбільш раціональною мірою охорони природного середовища від забруднення викидами заводів з виробництва товарного бетону і збірного залізобетону являється екологізація їх технологічних циклів. Вона включає створення замкнутих технологічних циклів (які виключають попадання у біосферу забруднюючих речовин) і маловідходних, а в ідеалі й безвідходних технологій. Хоча абсолютно безвідходних технологій не існує, оскільки подібні процеси реалізуються тільки в природних екосистемах.

#### **Концепція екологізації технологічних комплексів підприємств залізобетонних конструкцій.**

Теоретичною основою концепції екологізації виробництва є модель екологічно чистого процесу. Для розташованих на території м. Харкова промислових підприємств будівельної індустрії характерна тривала експлуатація застарілих технологій і устаткування (частенько ще радянських часів) зі значним матеріальним і високим моральним зносом. Що випускається ними нині продукція цілком порівнянна за якістю з

аналогічною продукцією європейських і провідних світових виробників, але використовувані на підприємствах технології застаріли мінімум років на 30. І хоча заводи по виробництву залізобетонних конструкцій не є потенційно небезпечними об'єктами (з точки зору виникнення промислових аварій або техногенних катастроф), але без модернізації їх подальша експлуатація пов'язана з певним екологічним ризиком.

Тому для його зниження необхідно здійснити повне технічне переобладнання підприємств з обов'язковим рішенням проблеми екологізації кожного виробничого процесу. Це складна наукомістка проблема, яка нерозривно пов'язана з основними напрямками стійкого розвитку [2, 3, 4].

Теоретичною основою концепції екологізації виробництва є модель екологічно чистого технологічного процесу. А рівень екологічної чистоти того або іншого процесу виробництва (як технічної системи) значною мірою залежить від міри утилізації і рециклінгу відходів.

З позиції взаємодії технологічних систем з довкіллям екологічно чисте виробництво – це таке виробництво (чи процес), функціонування якого не приводить:

- а) до збільшення фонових концентрацій і рівнів елементів і параметрів довкілля;
- б) до перевищення ГДК і ПДУ параметрів довкілля в аварійних і екстремальних ситуаціях;
- в) до порушення рівноваги біосфери.

Концепція екологізації діючих підприємств ЗБК полягає в тому, що підприємство повинне стати екологічно чистим модулем. Це забезпечується наступними умовами:

1. Кожен окремий технологічний процес (як елемент техносфери) є елементарним автотрофним екологічним модулем.

2. Технологічні процеси у середині технологічних комплексів взаємодіють між собою шляхом реалізації внутрішньовиробничих зв'язків.

3. Внутрішні зв'язки між модулями усередині технологічних комплексів функціонують таким чином, що відходи одних процесів є вторинною сировиною і/або каталізаторами для інших процесів.

4. При необхідності додаткової технологічної підготовки відходів в структурі підприємства вводиться додатковий екологічно чистий процес, що виконує роль «модуля внутрішнього зв'язку».

5. У цьому «модулі внутрішніх зв'язків» досягається максимальне використання внутрішньовиробничих відходів і мінімально можливе залучення первинної сировини і енергоресурсів.

Роль цього «модулю внутрішніх зв'язків» має виконувати рециклінг вторинного бетону та брухту ЗБК, який є центральною ланкою концепції екологізації підприємств ЗБК. На сьогоднішній день екологізація виробництва є одним з невід'ємних елементів державної безпеки України.

**Рециклінг відходів виробництва бетону та виробів з нього.** Перед усіма підприємствами з виробництва товарного бетону та збірного залізобетону при реалізації будівельних та виробничих проектів встає питання утилізації будівельних відходів у вигляді непридатних для використання бракованих бетонних та залізобетонних виробів, бетонного лому, залишкового бетону та шламу. В українських реаліях, найчастіше, у таких випадках непридатні для подальшого використання браковані залізобетонні вироби та брухт тривалий час зберігаються на складах заводів-виробників, закопуються у землю, відправляються на звалища; шлам зливається у відстійники (шламонакопичувачі), де відстоюється до повного випару води. Все це не тільки призводить до забруднення довкілля і додаткових витрат на завантаження і транспортування всього цього брухту, а ще й позбавляє будівельну промисловість значного об'єму дорогого матеріалу.

Причиною появи таких видів відходів як шлам та залишковий бетон є промивання міксерів, бетононасосів та бетоновозів. На будь-якому заводі з виробництва бетону потрібно систематично промивати таке технологічне обладнання, як міксери і бетононасоси. Між завантаженнями бетоновозів бетоном їх також промивають, щоб уникнути налипання бетону на стінки барабану, що обертається. При митті в змішувач заливається не менш ніж 200 літрів води, барабан деякий час обертається, а потім вода із залишками щебеню, піску та цементу зливається.

Закордонні виробники бетону вже довгий час практикують різні види більш-менш продуктивних технологій переробки бетонних відходів і вторинного бетону. В Україні, як і в більшості країн колишнього СНД, переробка відходів після промивки бетононасосів і міксерів полягає у тому, що вміст змішувача заливається до ями (відстійника), де бетонна суміш за деякий час висихає і розтріскується, а потім використовується на внутрішньозаводські потреби (для підсилення внутрішньозаводських доріг, виготовлення укосів і таке інше) або транспортується на полігон для утилізації. Такий рециклінг бетону є вкрай неефективним, оскільки крім забруднення великої зони території підприємства і витрат на транспортування він суперечить природоохоронному законодавству, що діє в Україні.

А це в свою чергу тягне за собою відчутні штрафні санкції. Тому так важливо мати сучасну технологію рециклінгу бетонних відходів – екологічний, ефективний спосіб управління виробничими відходами, який не тільки дозволить скоротити фінансові витрати, а й знизить навантаження на довкілля.

Рециклінг бетону – це система повторної переробки відходів бетону, метою якої є отримання сировини для повторного використання і заміни (повної або часткової) природної сировини. Така переробка дозволяє заощадити гроші на матеріалах, зменшити витрати на вивозі твердих відходів та дотримуватись екологічних норм.

Харківський завод залізобетонних конструкцій №5 утилізує затверділу бетонну суміш наступним чином: після висихання і розтріскування вона подрібнюється, а потім використовується в якості вторинної сировини на внутрішньозаводські потреби, наприклад, для створення підстилкового шару під'їзних та пішохідних доріг; шлам (цементне молочко) іде на виготовлення товарного бетону (це ще і дає економію цементу); частково вода просто випаровується. Але це – застарілий спосіб утилізації бетонних відходів. Європейські виробники бетону (а в Європі розташовано більше ніж 20000 заводів з виробництва ЗБК) перейшли на більш ефективні технології рециклінгу і більш сучасне обладнання [5, 6, 7]. Сучасне обладнання рециклінгу працює за принципом розподілення суміші відходів на фракції піску, щебеню і розчину цементного молочка. Така технологія дозволяє окремі фракції використовувати у виробництві будівельних матеріалів або реалізовувати в якості вторинної сировини. Утилізація залишкового бетону передбачає негайний збір і вивезення отриманої суміші; випаровування води і висихання відходів не допускається. Для цього найкращим рішенням є використання вакуумних навантажувачів, що значно прискорює цей процес, бо відстійники, які призначені для зливу бетонних сумішей – тобто для збору відходів – спустошуються в найкоротші терміни. Після цього вакуумний навантажувач транспортує бетонні відходи до рециклінгових установок.

Відходи заводів з виробництва збірного залізобетону є одним із найважливіших резервів матеріальних та енергетичних ресурсів у галузі будівництва. А якщо окрім бракованих та непридатних для використання залізобетонних виробів сюди ще й додати відходи від демонтованих будівельних об'єктів у вигляді бетонного лому, то при впровадженні раціональних схем їх переробки та за умови використання новітнього обладнання, яке забезпечить значне підвищення якості вторинного щебеню, може бути забезпечена його кон-

курентоспроможність з первинними природними заповнювачами (гранітними та іншим щебенем). В найближчий час приріст об'єму бетонного лому при зносі будівель, наприклад, пошкоджених в результаті воєнних дій на сході нашої країни, або які відслужили свій час і досягли певного фізичного і морального зносу (наприклад, так звані «хрущовки»), може досягнути мільйонів тон на рік.

Установка рециклінгу бетону працює наступним чином: залишковий бетон подається в приймальну воронку. Шнек відділяє тверді матеріали від цементного молочка. Одночасно інертні матеріали промиваються чистою водою, після чого суміш виноситься за межі рециклінгової установки і готова до подальшого використання. Шламова вода зі включеннями розміром 0 – 0,15 мм зливається в басейн, де інтенсивно перемішується за допомогою мішалки. Потім насосами вода подається на промивання міксерів або на технологічну лінію бетонозмішувального вузла (в витратний бак води). Таким чином, ми отримуємо замкнений цикл. Дуже важливо також промивати бетоновози як зовні, так і всередині після кожного їх рейсу. Тому тут теж потрібно встановити комплекс рециклінгу залишкового бетону, який призначений для розподілу бетону на тверді складові і воду, що дозволяє використовувати їх ще раз. Принцип дії такого комплексу має бути наступним:

- 1) вода з залишками бетону виливається з бетоновозу в регенератор басейну;
- 2) регенератор бетону розподіляє цю суміш на дві частини – вологий щебінь і воду з цементним пилом (шлам);
- 3) вологий щебінь висипається в бункер або на площадку і може повторно використовуватись у виробництві;
- 4) вода зливається у спеціальний шламобасейн і також може повторно використовуватись у виробництві.

Технологічна схема установки рециклінгу залишкового бетону наведена на рисунку 1.

Рециклінг брухту (браку) залізобетону дозволяє отримувати вторинний щебінь, який можна використовувати для:

- а) виробництва бетонних та залізобетонних виробів класу міцності до В25 (що відповідає марці бетону М350);
- б) виготовлення бетонів для створення підстилкового шару під'їзних та малонапружених доріг;
- в) облаштування основи чи покриття пішохідних доріжок, схилів уздовж річок та каналів;
- г) створення фундаментів під складські виробничі приміщення, невеликі механізми;

д) виготовлення бетонів для улаштування пішохідних доріжок, сільських доріг та внутрішніх площадок гаражів.

**Методи переробки брухту.** Економні європейці ще у 40-х роках минулого століття почали економити і зводити хмарочоси, бо земля у Старому Світі була занадто дорога. Тому у вирішенні питання отримання вторинного щебеню і переробки будівельних відходів вони значно просунулися вперед.

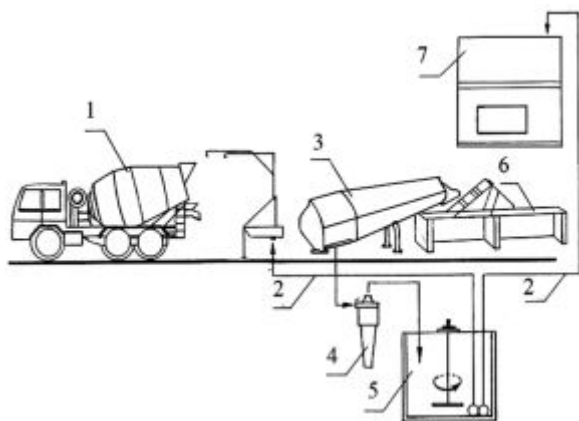


Рис. 1 – Технологічна схема установки рециклінгу залишкового бетону: 1 – бетоновоз; 2 – промивні проводки; 3 – прилад для переробки; 4 – циклонна віддільна система; 5 – змішувальний бак; 6 – вібраційний грохот; 7 – бетонозмішувальний вузол.

Отримання вторинного щебеню з відходів бетону майже в 8 разів енергоефективніше, ніж видобування природнього щебеню, наприклад, гранітного чи з інших гірських порід [8], який використовують українські заводи ЗБК у якості крупного наповнювача [9]. І хоча поклади гірських порід для виготовлення будівельного гравію та щебеню на теренах України досить великі, причому у всіх регіонах, використання вторинного щебеню знизить собівартість товарного бетону майже на чверть. Вторинний щебінь за якістю нічим не поступається первинному [10], але коштує набагато дешевше і його не треба привозили з кар'єрів за багато кілометрів від заводу залізобетонних конструкцій. Окрім цього, відходи будівництва погіршують екологічну безпеку міста, тому місцева влада постійно і суттєво підвищує тарифи на прийом сміття або повністю забороняє сміттєзвалища на своїй території. Процедура утилізації бетонних відходів економить навіть на отриманні дозволу на їх захоронення.

Вся сировина (і первинна, і вторинна), яку використовують у промисловості будівельних матеріалів для виготовлення щебеню, заповнювачів і самих різноманітних сипких матеріалів, являє собою суміш кусків, зерен та пилоподібних часток самих різних

розмірів. Для подрібнення цієї суміші традиційно використовують дробарки: вони дають змогу подрібнити матеріал і отримати продукт подрібнення з розмірами більше п'яти міліметрів. Процес зменшення розмірів кусків матеріалу під дією механічних сил зазвичай умовно поділяють на грубе дроблення (до кусків розмірами менше 250 мм), середнє (до кусків розмірами від 30 до 125 мм) і дрібне (до кусків від 3 до 20 мм). Не дивлячись на те, ще в останні роки розроблені такі новітні способи подрібнення як ультразвуковий, гравітаційний, електрогідравлічний і навіть за допомогою лазерного променя, зазвичай у якості методів подрібнення вибирають роздавлювання, стирання, розколювання чи удар. Для подрібнення порівняно грубих кусків матеріалу з початковим розміром майже 1200 мм призначені щоківі дробарки (в них матеріал подрібнюється або роздавлюванням, або роздавлюванням зі стиранням), конусні (в них подрібнення відбувається неперервно роздавлюванням і частково стиранням), валкові (роздавлюванням і рідше, роздавлюванням з стиранням), а також молоткові дробарки ударної дії.

Сьогодні для переробки будівельних відходів на заводах ЗБК використовуються звичайні щоківі дробарки (переважно імпортного виробництва (PARKER, HARTL)). Але значно більш сучасними та продуктивними є віброщоківі дробарки, які мають принципові відмінності від відомих щоківих дробарок, а саме: висока частота ударів щік, що забезпечує підвищену міру дроблення; ударно-вібраційна дія щік, що забезпечує руйнування матеріалу при менших зусиллях; можливість роботи як при дозованому завантаженні, так і при повній загрузці; м'яка віброізоляція і автоматичне сортування не подрібненого матеріалу [11]. Технічні характеристики типорозмірного ряду віброщоківих дробарок, якими доцільно, на наш погляд, замінити звичайні щоківі дробарки на заводі ЗБК-5, наведені в таблиці 1.

Перспективними є також мобільні рециклінгові установки, які використовуються на місці утворення будівельних відходів. Рециклінг будівельних відходів безпосередньо на місці будівлі дозволяє економити у тому числі і на закупівлі будівельних матеріалів. Вторинні матеріали коштують дешевше нових. А коли будівельні відходи утилізуються на місці демонтажу, вторинний щебінь для нового будівництва вже знаходиться на будмайданчику.

Рециклінг будівельний відходів відбувається на місці демонтажу; занадто великі шматки бетону розбираються та сортуються за допомогою екскаватора або розрізаються гідроножницями на шматки меншого розміру. Технологічна схема рециклінгу брухту бе-

тонних відходів за допомогою мобільних рециклінгових установок наведена на рисунку 2.

Таблиця 1 – Технічні характеристики віброщоккових дробарок

Технічні параметри	Основні параметри і розміри				
Розміри приймального отвору, мм	80 × 300	130 × 300	440 × 800	440 × 1200	600 × 800
Найбільша продуктивність на матеріалі середньої міцності, т/ч	1	1,5	35	50	55
Найбільша крупність початкового живлення, мм	65	110	350	350	500
Крупність готового продукту, мм	15	20	40	50	70
Частота коливань щік, $\text{min}^{-1}$	1500	1500	1000 – 1500	1000	1000 – 1500
Потужність приводу, кВт	2×7,5	2×11	2×30	2×45	2×40
Габаритні розміри дробарки, довжина, ширина, висота, мм	1500 1240 1400	1760 1370 1200	2600 2100 2000	4000 3150 2500	3000 2100 2800

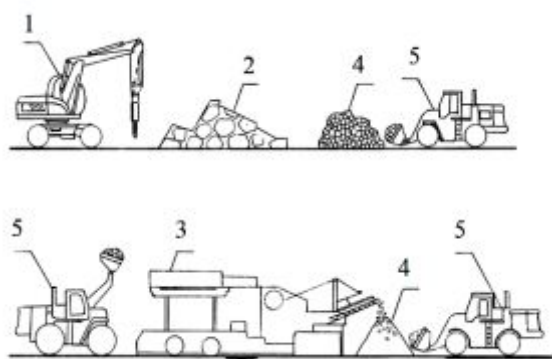


Рис. 2 – Технологічна схема рециклінгу брухту бетонних відходів: 1 – екскаватор з гідроножницями і гидромолотом; 2 – бетонний брухт; 3 – прилад для переробки; 4 – підготовлений матеріал; 5 – навантажувач.

Для використання зайвої води і транспортування всього шламу зі всіх куточків виробництва найбільш перспективні, на наш погляд, водні транспортні системи, які дають можливість транспортування малих (0,2 мм) часток на великі відстані. Ці малі частки дуже важливо відокремити від піску та інших фракцій, що забезпечить запобігання твердінню витягнутого матеріалу.

Промитий матеріал має бути відокремлено і зібрано у спеціальний контейнер, а вода з часточками розміром менше ніж 0,2 мм має зберігатися в окремо-

му баці, де за допомогою мішалки часточки підтримуються у завислому вигляді, що запобігає накопиченню і затвердінню цементного молочка.

Утворення шламу відбувається у спеціальному бункері (де під дією сили тяжіння накопичуються найдрібніші частинки) до певного стану, після чого він використовується у виробництві бетону.

Отриманий шлам може бути використано у виробництві самоущільнюючого бетону (що дозволить зекономити до 80 % спеціальних домішок), обмазок спеціального призначення і таке інше. Його використання призводить до скорочення часу схоплювання і до економії часу, що витрачається на весь виробничий процес, виготовлення бетонних і залізобетонних виробів [12].

Технологічна схема використання води після промивки обладнання наведена на рисунку 3.

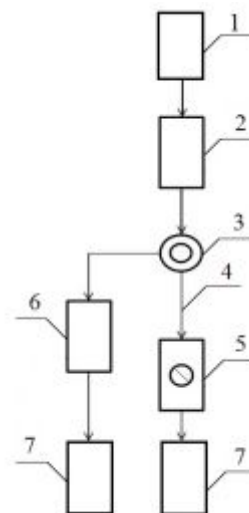


Рис. 3 – Технологічна схема використання води після промивки обладнання: 1 – установка рециклінгу; 2 – бункер зі змішувачем; 3 – очисна вежа; 4 – шламопровід; 5 – шламовий бункер; 6 – бункер з очищеною водою; 7 – змішувач.

### Висновки.

Проведено аналіз впливу заводів ЗБК на довкілля, огляд стану переробки відходів на діючих вітчизняних заводах та існуючих методів рециклінгу відходів виробництва бетону та виробів з нього.

Запропонований найбільш раціональний шлях зменшення негативного впливу діючих заводів ЗБК на довкілля – екологізація їх технологічних циклів.

Розроблена концепція екологізації діючих підприємств ЗБК, яка полягає в тому, що підприємство повинне стати екологічно чистим модулем. Центральною ланкою цього модуля має бути система рециклінгу для повторного використання відходів виробництва: шламу після промивки міксерів та барабанів та брухту ЗБК.

Запропонований метод переробки шламу, наведена технологічна схема установки рециклінгу залишкового бетону. Також проведено огляд існуючих методів переробки брухту, наведена технологічна схема установки переробки брухту ЗБК. Запропоновані віброщогокові дробарки для отримання вторинного щебеню з відходів бетону. Все це дозволить зменшити негативний вплив на навколишнє середовище за допомогою сучасної системи рециклінгу брухту.

#### Список літератури

1. Захаренкова В. В. Характеристика экологического риска для здоровья населения от воздействия выбросов заводов ЖБК / В. В. Захаренкова // Международный журнал экспериментального образования. – 2015. – № 3. – С. 97 – 98.
2. Згуровський М. З. Сталый розвиток у глобальному і регіональному вимірах: аналіз за даними 2005 р. / М. З. Згуровський. – К.: Політехніка, 2006. – 84 с.
3. Черданцев В. А. Современные концепции устойчивого развития / В. А. Черданцев, Б. В. Робинсон // Вестник НГУЭУ. – 2009. – № 2. – С. 14 – 24.
4. Большаков Б. Е. Наука устойчивого развития / Б. Е. Большаков. – М.: РАЕН, 2011. – 272 с.
5. Арсентьев В. А. Современные технологические линии для строительного рециклінга / В. А. Арсентьев, В. З. Мармандян, Д. Д. Добромислов // Строительные материалы. – 2006. – № 8. – С. 64 – 66.
6. Buck A. D. Recycled concrete as a source of aggregate. *Journal of American concrete Institute*. 1977, No. 16, pp. 212 – 219.
7. Tam W. Y. V., Tam C. M. Evaluations of existing waste recycling methods: a Hong Kong study. *Building and Environment*. 2006, Vol. 41, No. 12, pp. 1649 – 1660.
8. Кривилева С. П. Минералы и горные породы / С. П. Кривилева, О. Н. Рассоха. – Х.: «Точка», 2014. – 178 с.
9. Кривилева С. П. Драгоценная Украина: минералы и горные породы регионов / С. П. Кривилева, О. Н. Рассоха. – Х.: Фінарп, 2016. – 160 с.
10. Горшков Р. К. Использование вторичных ресурсов в промышленности строительных материалов: методология и практика / Р. К. Горшков. – М.: Экслибрис-Пресс, 2004. – 288 с.
11. Дубінін А. І. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів / А. І. Дубінін, В. М. Атаманюк, В. П. Дулеба. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 292 с.
12. Красникова Н. М. О возможности использования шлама переработки бетонных отходов / Н. М. Красникова, Н. М. Морозов, А. С. Казанцева // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 3. – С. 121 – 126.

#### References (transliterated)

1. Zakharenkova V. V. Kharakteristika ekologicheskogo riska dlya zdorov'ya naseleniya ot vozdeystviya vybrosov zavodov ZHBK [Characteristics of environmental risk for public health from the impact of the emissions of the plant reinforced concrete framing] *Mezhdunarodnyy zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya*, 2015, No. 3, pp. 97 – 98.
2. Zgurovskiy M. Z. Stalyy rozvytok u hlobal'nomu i rehional'nomu vymirakh: analiz za danymy 2005 r. [Sustainable development in global and regional dimensions: analysis according to data of 2005]. Kiev, Politehnika Publ., 2006, 84 p.
3. Cherdantsev V. A., Robinson B. V. Sovremennyye kontseptsii ustoychivogo razvitiya [Modern concepts of sustainable development]. *Vestnik NSUEM [Bulletin of the Novosibirsk State University of Economics and Management]*. Novosibirsk, NSUEM Publ., 2009, No. 2, pp. 14 – 24.
4. Bolshakov B. E. Nauka ustoychivogo razvitiya [Science of sustainable development]. Moscow, RAEN Publ., 2011. 272 p.
5. Arsentev V. A., Marmandyan V. Z., Dobromyslov D. D. Sovremennyye tehnologicheskie linii dlya stroitel'nogo retsiklinga [Modern technological lines for building recycling]. *Stroitelnyye materialy*, 2006, No. 8, pp. 64 – 66.
6. Buck A. D. Recycled concrete as a source of aggregate. *Journal of American concrete Institute*, 1977, No. 16, pp. 212 – 219.
7. Tam W. Y. V., Tam C. M. Evaluations of existing waste recycling methods: a Hong Kong study. *Building and Environment*, 2006, Vol. 41, No. 12, pp. 1649 – 1660.
8. Krivileva S. P., Rassokha O. M. Mineraly i gornyye porody [Minerals and mountain breeds]. Kharkiv, Tochka Publ., 2014, 124 p.
9. Krivileva S. P., Rassokha O. M. Dragotsennaya Ukraina: mineraly i gornyye porody regionov [Precious Ukraine: minerals and rocks of regions]. Kharkiv, Finart Publ., 2014, 178 p.
10. Gorshkov R. K. Ispolzovanie vtorichnykh resursov v promyshlennosti stroitelnykh materialov: metodologiya i praktika [Use of secondary resources in the building materials industry: methodology and practice]. Moscow, Ekslibris-Press Publ., 2004, 288 p.
11. Dubinin A. I., Atamanyuk V. M., Duleba V. P. Obldannyya khimichnykh vyrobnystv ta pidpryyemstv budivel'nykh materialiv. [Equipment of chemical manufactures and enterprises of building materials]. L'viv, Vydavnytstvo L'viv's'koyi politehniky Publ., 2013, 292 p.
12. Krasnikova N. M., Morozov N. M., Kazantseva A. S., O vozmozhnosti ispolzovaniya shlama pererabotki betonnykh othodov [On the possibility of using sludge for the processing of concrete waste]. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta*, 2015, No. 3, pp. 121 – 126.

Надійшла (received) 20.11.17

#### Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

**Рециклінг відходів виробництва та брухту бетонних конструкцій як центральна ланка концепції екологізації заводів ЗБК / В. О. Автомонова, В. В. Власенко, К. О. Зайцева, С. П. Кривільова // Вісник НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 48 (1269). – С. 16 – 23. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-0821.**

**Рециклінг отходов производства и лома бетонных конструкций как центральное звено концепции экологизации заводов ЖБК / В. А. Автомонова, В. В. Власенко, К. А. Зайцева, С. П. Кривилева // Вісник**

НТУ «ХПІ». – Серія: Хімія, хімічна технологія та екологія. – Х.: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 48 (1269). – С. 16 – 23. – Бібліогр.: 12 назв. – ISSN 2079-0821.

**Recycling of production waste and scrap of concrete structures as the central link in the environmentalization concept of plant of reinforced concrete framing / V. O. Avtonomova, V. V. Vlasenko, K. O. Zaitseva, S. P. Krivileva // Bulletin of NTU “KhPI”. – Series: Chemistry, Chemical Engineering and Ecology. – Kharkov: NTU “KhPI”. – 2017. – No 48 (1269). – P. 16 – 23. – Bibliogr.: 12 names. – ISSN 2079-0821.**

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

**Автономова Вікторія Олександрівна** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», магістрант; тел.: (097) 413-53-51; e-mail: viktoriya.avtonomova.1996@gmail.com

**Автономова Виктория Александровна** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», магистрант; тел.: (097) 413-53-51; e-mail: viktoriya.avtonomova.1996@gmail.com

**Avtonomova Viktoria Oleksandrivna** – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, graduate student; tel.: (097) 413-53-51; e-mail: viktoriya.avtonomova.1996@gmail.com

**Власенко Влада Валеріївна** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент; тел.: (096) 543-72-32; e-mail: vladavlasenko@gmail.com

**Власенко Влада Валерьевна** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», студент; тел.: (096) 543-72-32; e-mail: vladavlasenko@gmail.com

**Vlasenko Vlada Valer'yevna** – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, student; tel.: (096) 543-72-32; e-mail: vladavlasenko@gmail.com

**Зайцева Ксенія Олександрівна** – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», студент; тел.: (066) 198-80-05; e-mail: rydaya97@gmail.com

**Зайцева Ксения Александровна** – Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», студент; тел.: (066) 198-80-05; e-mail: rydaya97@gmail.com

**Zaitseva Ksenia Oleksandrivna** – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, student; tel.: (066) 198-80-05; e-mail: rydaya97@gmail.com

**Кривільова Светлана Павлівна** – кандидат технічних наук, доцент, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», доцент кафедри хімічної техніки та промислової екології; тел.: (066) 340-74-26; email: sv.krivilyova1@gmail.com

**Кривелева Светлана Павловна** – кандидат технических наук, доцент, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», доцент кафедры химической техники и промышленной экологии; тел.: (066) 340-74-26; email: sv.krivilyova1@gmail.com

**Krivileva Svetlana Pavlovna** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Associate Professor, National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Associate Professor at the Department of Chemical-engineering and industrial ecology; tel.: (066)340-74-26; email: sv.krivilyova1@gmail.com