

*О. Г. Онищенко, д. т. н., проф., І. А. Rogozin, асист., І.О. Іваницька, к.х.н.  
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

## **АНАЛІЗ УТВОРЕННЯ ТА ІСНУВАННЯ «МЕРТВИХ ЗОН» У ЗМІШУВАЧАХ**

*Виконано аналіз об'ємів бункера змішувача, котрі називають «мертвими зонами». Розглянуто природу виникнення цих зон та шляхи мінімізації їх частки для змішувачів різних типів. Запропоновано конструкцію змішувача, в якому створені умови для перемішування без утворення ядра ущільнення.*

*Ключові слова: «мертва зона», ядро ущільнення, розчинозмішувач, шнек.*

*Проведен анализ объемов бункера смесителя, которые называют «мертвыми зонами». Рассмотрена природа возникновения данных зон и пути минимизации их доли для смесителей разных типов. Предложена конструкция смесителя, в котором созданы условия для перемешивания без образования ядра уплотнения.*

*Ключевые слова: «мертвая зона», ядро уплотнения, растворосмеситель, шнек.*

*The analysis of volumes of the mixer's bunker which name «dead zones» is carried out. The nature of such zones creation and the ways for minimization of their share for different types mixers is considered. The design of the mixer, in which conditions for realization of hashing process without formation of a compaction core are created, is offered.*

*Key words: «dead zones», compaction core, mortar mixer, screw.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Продуктивність циклічних змішувачів примусової дії залежить від багатьох факторів, а головним чином – від їх конструктивних особливостей. Так, при сталому об'ємі бункера змішувача його продуктивність залежить в основному від кількості елементів робочого органа (лопатей, кількості та кроку витків шнекової стрічки та ін.), їх кута нахилу, ширини, частоти обертання робочого органа.

Відомо, що продуктивність циклічного змішувача примусової дії можна оцінити за виразом

$$P_O = \frac{V_O - V_M}{\sum_{i=1}^n t_i},$$

де  $V_O$  – об'єм бункера змішувача;

$V_M$  – об'єм так званих «мертвих зон», котрі утворюються у бункері;

$\sum_{i=1}^n t_i$  – час робочого циклу змішувача, що складається з витрат часу на завантаження, перемішування, розвантаження.

Із розглянутих складових для змішувачів різних типів визначити об'єм бункера чи час робочого циклу не становить складності. А процеси утворення та геометричні параметри об'єму «мертвих зон» суттєво залежать від типу змішувача. Тому їх слід детально розглядати у кожному окремому випадку.

**Аналіз останніх досліджень, де започатковано розв'язання проблеми. Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття.** Наукові роботи з вивчення виникнення та особливостей геометричних параметрів «мертвих зон» при перемішуванні виконувалися з використанням лопатевих змішувачів із горизонтальним розташуванням вала [1, 2, 3, 4] та вертикальним ротором [5]. А для стрічкових шнекових змішувачів як із горизонтальним валом, так і з вертикальним це питання є недостатньо висвітленим.

**Мета роботи.** Метою роботи є дослідження утворення та умов існування «мертвих зон» для оцінювання продуктивності й ефективності застосування змішувачів різних типів.

**Виклад основного матеріалу.** «Мертвими зонами», або зонами «застою», називають ті частини об'єму бункера змішувача, в яких відсутнє перемішування чи його інтенсивність дуже низька. У загальному випадку їх можна схарактеризувати як сукупність об'ємів, котрі займають елементи робочого органа (лопати, стрічки шнека разом із кріпленнями), ядро ущільнення суміші (зона застою), яке утворюється безпосередньо перед елементом робочого органа, та пустоти, утворені позаду руху елементів.

Із розглянутих складових певною мірою можна впливати на кожну. Але, зменшуючи об'єм, котрий займають елементи робочого органа, за рахунок зменшення їх кількості, ширини чи висоти, ми тим самим знижуємо рівень інтенсивності впливу на суміш. Частини об'єму, в яких утворюється пустота позаду руху елементів робочого органа, компенсуються тим, що суміш у бункері змішувача піднімається на певну величину порівняно зі станом спокою. Тому основним завданням є забезпечення руху суміші та її перемішування у місцях можливого утворення ядра ущільнення суміші перед елементами робочого органа.

Розглянемо найпростіший і типовий випадок для лопатевих змішувачів – рух пластини у суміші зі швидкістю  $v_n$  (рис. 1). У результаті досліджень [2, 3, 4] виявлено, що перед пластиною  $1$  утворюється ядро ущільнення  $3$ , в якому швидкість руху частинок суміші мала порівняно зі швидкістю пластини, а позаду неї можливе утворення пустоти  $6$ , цей об'єм залежить від швидкості руху елемента і властивостей перемішуваного середовища. Явище утворення зони застою можна пояснити тим, що кінетична енергія потоку поблизу пластини переходить у потенційну енергію ущільнення. Чим ближче до пластини, тим квадрат швидкості потоку менший, а величина енергії більша, і відповідно ущільнення також. Зменшення величини цих зон можна досягти шляхом збільшення швидкості та кута повороту лопаті  $\alpha$  відносно вертикальної осі, перпендикулярної до напрямку руху. Але в цьому випадку зменшується інтенсивність впливу робочого органа змішувача на суміш і частина активного об'єму, який безпосередньо контактує з виконавчими органами. До того ж зони застійного ущільнення зменшуються лише в горизонтальному перерізі (рис. 1, б), а у вертикальному (рис. 1, в) майже не зазнають змін.

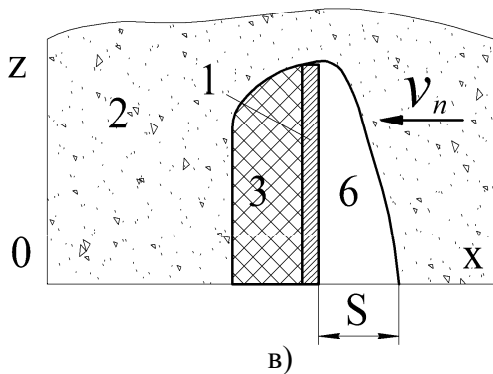
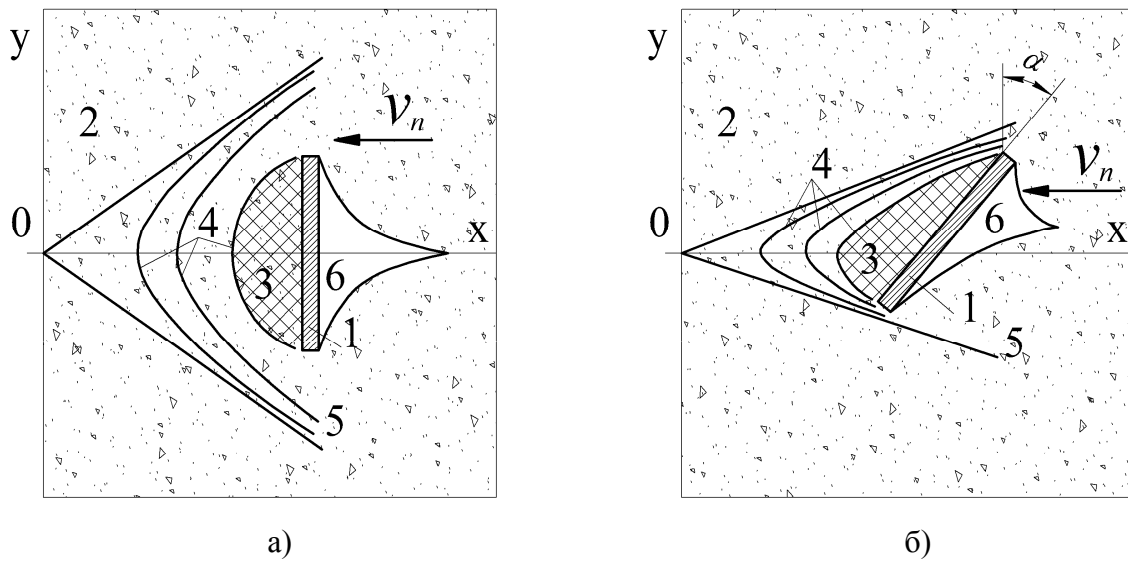


Рисунок 1 – Рух пластини у суміші:

- а) у горизонтальній площині без кута нахилу; б) у горизонтальній площині з кутом нахилу  $\alpha$ ; в) у вертикальній площині;  
 1 – пластина; 2 – середовище, котре перемішується; 3 – ядро ущільнення; 4 – шари суміші рівних відносних швидкостей; 5 – зона впливу ядра;  
 6 – пустота

Боротися з ядром ущільнення у вертикальній площині можна шляхом повороту лопатей на певний кут  $\delta$  відносно горизонтальної осі, перпендикулярної до напрямку руху і швидкості (рис. 2). Ця можливість часто використовується у вертикальних роторних змішувачах [5]. При цьому суміш буде мати значно кращий рух у верхній частині лопаті та отримувати додатково певну висоту підйому частинок над нею за рахунок сил інерції з подальшим опаданням позаду на відстані  $S$  від верхнього краю.

Крім того, на суміш діятимуть відцентрові сили інерції. Вони будуть сприяти зміщенню маси у горизонтальній площині. Збільшуючи кут відносно горизонтальної осі, ми можемо досягти такого значення, при котрому зона застою перед лопаттю зникне зовсім і швидкість руху суміші в цьому місці буде задовольняти умови, за яких відбуватиметься перемішування. Але у цьому випадку існують істотні обмеження щодо висоти лопаті. А це, у свою чергу, призводить до зменшення раціональної висоти заповнення бункера змішувача сумішшю, за котрої процес перемішування буде

відбуватися з достатньою інтенсивністю та якістю готового продукту.

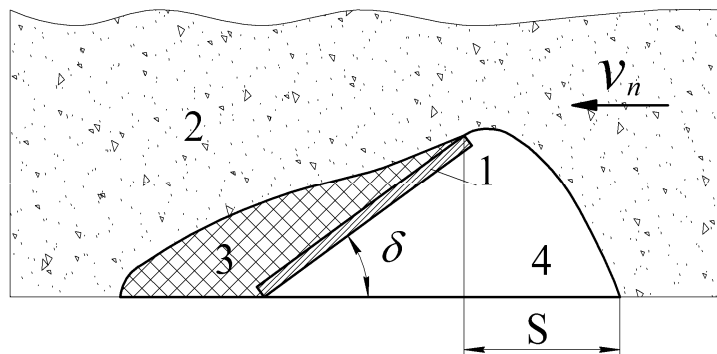


Рисунок 2 – Рух пластини у суміші з куту нахилу  $\delta$  у вертикальній площині:  
1 – пластини; 2 – середовище, котре переміщується;  
3 – ядро ущільнення; 4 – пустота

За конструктивними особливостями найкращі можливості щодо уникнення утворення «мертвих зон» перед елементами робочого органа змішувача мають стрічкові шнекові змішувачі. При горизонтальному розташуванні шнека збільшення кута його підйому не зменшує інтенсивність впливу на суміш, а навпаки – приводить до збільшення кількості витків у зоні змішування. Але у радіальній площині виникають проблемні зони, на які можна впливати шириною стрічки шнека. У змішувачі з вертикальним шнековим робочим органом зону «застою» в ядрі ущільнення перед стрічкою шнека можна усунути майже повною мірою за рахунок забезпечення руху суміші зі зміщенням уздовж стрічки та просуванням догори у вертикальному напрямі. Це досягається за рахунок вибору оптимальних частоти обертання робочого органа й кута нахилу стрічки шнека до площини обертання. До того ж на суміш перед стрічкою шнека, як і в роторних змішувачах, діють відцентрові сили інерції, які змішують її до стінок бункера та створюють додаткові переміщення в горизонтальній площині.

Під час приготування будівельної суміші із застосуванням вертикального шнекового робочого органа в розчино-змішувальній установці, розробленій у ПолтНТУ, перемішувалась вапняно-піщана розчинна суміш марки П12 за ДСТУ БВ.2.7-23-95 рухомістю 9 см, густиною  $\rho = 2100 \text{ кг/м}^3$ . За таких умов було встановлено, що прийнятний рух суміші у потенційних зонах застою спостерігався при значеннях частоти обертання понад 20 об/хв і кутах нахилу стрічки шнека до горизонтальної площини  $\delta$  до значень 22 – 28°.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Дослідження «мертвих зон», котрі утворюються у циклічних змішувачах примусової дії, дозволило проаналізувати можливість використання окремих типів змішувачів у різних виробничих ситуаціях та запропонувати конструктивні рішення, котрі дозволяють створити кращі умови для руху і перемішування суміші у потенційно «мертвих зонах» та загалом підвищити продуктивність даного типу машин. Установлено, що найбільше можливостей для забезпечення найменшої частки об'ємів зони застою за своєю будовою мають вертикальні шнекові стрічкові змішувачі.

На утворення «мертвих зон» і їх геометричні параметри мають вплив не тільки конструктивні особливості змішувачів, тип робочих органів, розміри та кути встановлення їх елементів, а й властивості середовища, яке перемішується. Тому при виборі змішувача та його налаштувань для приготування суміші слід урахувувати її реологічні властивості.

## ЛІТЕРАТУРА

1. 1. Назаренко І. І. *Машини для виробництва будівельних матеріалів: підручник / І.І. Назаренко.* – К.: КЕУБА, 1999. – 488 с.
2. 2. Першин В. Ф. *Моделирование движения пластины в сыпучем материале / В. Ф. Першин, А. А. Пасько, О. В. Демин // Вестник ТГТУ.* – 2002. – №3. – С. 444 – 449.
3. 3. Маслов А. Г. *Исследование взаимодействия лопатки бетоносмесителя принудительного действия с цементобетонной смесью / А. Г. Маслов, Ю. С. Саленко // Вісник КДПУ: зб. наук. праць.* – Кременчук: КДПУ, 2006. – Вип. 2(37). – Ч. 1. – С. 20 – 23.
4. 4. Онищенко О. Г. *Експериментальне дослідження ефективності перемішування будівельних розчинів / О. Г. Онищенко, С. В. Попов, О. С. Філенко // Науковий вісник будівництва / Харківськ. держ. техн. ун-т буд. та арх.* – Харків: ХДТУБА, 2007. – Вип. 44. – С. 129 – 137.
5. 5. Почупайло Б. И. *Исследование и создание малогабаритных растворосмесителей принудительного действия: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.02.13 / Б. И. Почупайло.* – Белгород, 1999. – 23 с.
6. 6. Онищенко О. Г. *Дослідження процесу приготування шукатурних розчинів у розчинозмішувачі з вертикальним шнековим робочим органом / О. Г. Онищенко, І. А. Рогозін, С. Б. Бейгул // Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво).* – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – Вип. 23. – Т.1. – С. 45 – 54.
7. 7. Демин О. В. *Анализ работы различных видов смесителей сыпучих материалов периодического действия // Труды ТГТУ: сб. науч. ст. молодых ученых и студентов.* – Тамбов: ТГТУ, 2001. – Вып. 8. – С. 109 – 114.

Надійшла до редакції 28.01.2010 р.

© О.Г. Онищенко, І.А. Рогозін, І.О. Іваницька