

Міністерство освіти і науки України
Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка



РОГОЗІН ІВАН АНАТОЛІЙОВИЧ

УДК 693.542.524:693.546.3

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ
ШТУКАТУРНО-ЗМІШУВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ
З ВЕРТИКАЛЬНИМ ШНЕКОМ**

05.05.02 – машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Дисертація є рукописом.

Роботу виконано в Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка Міністерства освіти і науки України.

Наукові керівники: доктор технічних наук, професор
Онищенко Олександр Григорович,
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка Міністерства освіти і науки України, завідувач кафедри будівельних машин і обладнання (м. Полтава);

доктор технічних наук, доцент
Коробко Богдан Олегович,
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка Міністерства освіти і науки України, проректор з науково-педагогічної та навчальної роботи (м. Полтава).

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Науменко Юрій Васильович,
Національний університет водного господарства та природокористування Міністерства освіти і науки України, професор кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин і обладнання (м. Рівне);

кандидат технічних наук, доцент
Блажко Володимир Володимирович,
Харківський національний університет будівництва та архітектури Міністерства освіти і науки України, доцент кафедри механізації будівельних процесів (м. Харків).

Захист відбудеться «19» червня 2019 року о 13⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради К 44.052.01 при Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка за адресою: 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24, аудиторія 218.

З дисертацією можна ознайомитись у науковій бібліотеці Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою: 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24

Автореферат розісланий «17» травня 2019 року.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



Є.А. Васильєв

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У будівництві залишається значною частка робіт з використанням будівельних розчинних сумішей і сухих будівельних сумішей, яка становить близько чверті від загального обсягу операцій.

Актуальною проблемою сьогодення при виконанні робіт з ремонту та реконструкції діючих будівельних об'єктів, а також при спорудженні малоповерхових будинків залишається необхідність створення й удосконалення ефективних малогабаритних штукатурно-змішувальних установок з об'ємом готового замісу до $0,5 \text{ м}^3$. Такі установки даватимуть змогу готувати із сухих компонентів і води у порівняно невеликій кількості будь-які будівельні розчинні суміші безпосередньо на будівельному майданчику, а також транспортувати їх розчинонасосом по трубопроводах до місць проведення робіт із можливістю подальшого механічного соплування на оброблювані поверхні.

Створення й обґрунтування параметрів штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком дасть можливість ефективно та зручно механізувати важкі операції, пов'язані з приготуванням і використанням будівельних розчинних сумішей різного призначення, на порівняно невеликих об'єктах, що є актуальним для розосередженого будівництва.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано у Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка у складі держбюджетних науково-дослідницьких тем: «Створення пересувного малогабаритного штукатурного агрегату нового покоління з розробленням комплексно-механізованої технології оштукатурювання» (номер державної реєстрації 0107 U 000938), «Створення ефективного малогабаритного обладнання для комплексної механізації робіт в умовах будівельного майданчика» (номери державної реєстрації 0115U002421, 0115U001078), що затверджені Міністерством освіти і науки України та відповідають напряму наукових досліджень кафедри будівельних машин і обладнання.

Мета і завдання дослідження. Метою цієї роботи є обґрунтування параметрів та раціональних режимів роботи малогабаритної штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком на основі побудови математичної моделі взаємодії з компонентами будівельної розчинної суміші в процесі її приготування.

Для досягнення поставленої мети сформульовані та розв'язувалися такі **завдання**:

1. Проаналізувати стан проблеми, визначити шляхи підвищення ефективності роботи штукатурно-змішувальної установки при приготуванні та транспортуванні будівельних розчинних сумішей.

2. Розробити математичну модель процесу змішування будівельних розчинних сумішей вертикальним шнековим робочим органом у корпусі установки.

3. Дослідити робочі процеси, що відбуваються під час руху вертикального робочого органа змішувача в середовищі, що оброблюється.

4. Оцінити вплив фізико-механічних властивостей будівельних розчинних сумішей, кінематичних і геометричних параметрів вертикального змішувача установки, його висоти заповнення на витрати потужності.

5. Надати порівняльну оцінку ефективності роботи розчинозмішувачів різного конструктивного виконання.

6. Провести експериментальне дослідження якості приготування будівельної розчинної суміші, визначити раціональні режими роботи та геометричні параметри штукатурно-змішувальної установки.

7. Дослідити особливості роботи розчинонасоса РН 2-4М у складі штукатурно-змішувальної установки.

8. Розробити методику розрахунку основних геометричних, конструктивних та технічних параметрів штукатурно-змішувальної установки, які забезпечують раціональні експлуатаційні показники.

9. Виготовити нову установку й упровадити результати її досліджень у будівництво та освітній процес, виконати техніко-економічне обґрунтування ефективності використання нового обладнання.

Об'єкт дослідження – робочі процеси приготування і транспортування будівельних розчинних сумішей штукатурно-змішувальною установкою з вертикальним шнеком.

Предмет дослідження – штукатурно-змішувальна установка з вертикальним шнеком в умовах взаємодії з оброблюваним середовищем.

Методи дослідження. Під час виконання роботи були застосовані основні положення теоретичної механіки, гідродинаміки, фізичне й математичне моделювання методами прикладної механіки, методи математичного планування експерименту, статистична обробка планованого експерименту, теорія подібності, а також комп'ютерна техніка з інженерним програмним забезпеченням.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

- уперше на основі математичного моделювання отримані функціональні залежності, що характеризують процес змішування компонентів будівельних сумішей у змішувачі установки з вертикальним шнеком зі змінною твірною зовнішньої стрічки шнека;

- уперше одержані залежності для визначення потужності змішувача установки з вертикальним шнеком зі змінною твірною зовнішньої стрічки шнека, необхідної для приготування будівельних розчинних сумішей з відповідними фізико-механічними властивостями;

- уперше запропоновано універсальний коефіцієнт для оцінювання якості роботи різних за конструктивним виконанням змішувачів та набуло подальшого розвитку дослідження показників ефективності розчинозмішувального обладнання;

- уперше одержано залежність для опису впливу геометричних параметрів проціджувальної решітки на значення об'ємного ККД розчинонасоса установки;

- удосконалено підходи щодо гідродинамічного характеру взаємодії робочого органа вертикального шнекового змішувача зі змінною твірною

зовнішньої стрічки шнека з будівельними розчинними сумішами, розкрито нові закономірності й визначено силові характеристики.

Практичне значення одержаних результатів полягає в наступному:

1. Розроблено і впроваджено у будівельне виробництво малогабаритну штукатурно-змішувальну установку з вертикальним шнеком зі змінною твірною зовнішньої стрічки шнека.

2. Обґрунтовано раціональні конструктивні, режимні параметри вертикального шнекового змішувача із внутрішнім шнеком з поверхнею гелікоїда та двозахідною зі змінною твірною зовнішньою шнековою стрічкою і конструктивні параметри проціджувальної решітки установки, а також розроблено методики їх інженерних розрахунків.

3. Розроблено рекомендації щодо забезпечення простоти експлуатації та обслуговування вузлів і робочих органів штукатурно-змішувальної установки.

4. Результати роботи використано при виконанні держбюджетних тематик, затверджених Міністерством освіти і науки України; в освітньому процесі Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка під час підготовки бакалаврів та магістрів зі спеціальності «Галузеве машинобудування»; у курсовому проектуванні й при виконанні магістерських робіт.

5. Результати роботи впроваджено у будівельне виробництво на підприємстві міста Полтави компанії ТДВ «Полтавтрансбуд» при зведенні одинадцятиповерхового житлового будинку.

Особистий внесок здобувача. Основні результати дисертаційної роботи є одержаними самостійно та полягають у наступному:

– на основі аналізу ефективності використання обладнання для механізації процесів у будівництві запропоновано нову конструктивну схему малогабаритної штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком зі змінною твірною зовнішньої стрічки шнека та захищеним від абразивного середовища підшипниковим вузлом, у якому використано кулькову опору [1, 4, 5, 6];

– розроблено математичну модель процесу змішування компонентів будівельних сумішей у запропонованій штукатурно-змішувальній установці, описано циркуляцію суміші, завдяки якій досягається її гомогенність [3, 7];

– на основі законів динаміки досліджено сукупність явищ, що відбуваються у процесі приготування будівельних розчинних сумішей різного складу та рухомості, для руху вертикального шнекового робочого органа зі змінною твірною зовнішньої стрічки шнека, обґрунтовані параметри силової взаємодії із сумішшю [2];

– розроблено методику для визначення потужності роботи змішувача запропонованої установки [2];

– розроблено методику оцінювання ефективності роботи змішувачів будівельних машин різних конструкцій [9];

– експериментально досліджено вплив геометричних характеристик штукатурно-змішувальної установки на якість приготування будівельних розчинних сумішей [3];

- експериментально вивчено вплив фізико-механічних властивостей будівельних розчинних сумішей, кінематичних параметрів, висоти заповнення змішувача на витрати потужності штукатурно-змішувальної установки [2];
- експериментально досліджено особливості роботи розчинонасоса у складі установки шляхом визначення його об'ємного ККД за різних умов [8];
- розроблено методику інженерного розрахунку раціональних значень основних конструктивних параметрів штукатурно-змішувальної установки [9].

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідалися та були схвалені в період 2006–2018 рр. на наукових семінарах і науково-практичних конференціях викладачів, аспірантів та студентів Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка (м. Полтава), а також на таких конференціях: Всеукраїнській науково-технічній конференції молодих учених та студентів «Створення, експлуатація і ремонт машин та обладнання для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій» (м. Полтава, 27 – 28 жовтня 2011 р.), Всеукраїнській науково-технічній конференції «Створення, експлуатація і ремонт машин та обладнання для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій» (м. Полтава, 20 – 21 листопада 2012 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Ефективні організаційно-технологічні рішення в машинобудуванні» (м. Харків, 22 – 23 вересня 2012 р.), Першій міжнародній науково-технічній конференції «Високі технології в машинобудівному виробництві та транспортному машинобудуванні» (м. Полтава, 17 – 18 жовтня 2013 р.), Міжнародній науково-практичній конференції «Kondratyuk Innovations XX–XXI» до 120-ї річниці з дня народження Юрія Кондратюка (Олександра Шаргея) (м. Полтава, 24 – 26 травня 2017 р.), Першій міжнародній українсько-азербайджанській науково-практичній конференції «Building Innovations – 2018» (Україна, м. Полтава – Азербайджан, м. Баку, 24 – 25 травня 2018 р.).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 12 наукових праць, з них 8 у фахових виданнях, рекомендованих Міністерством освіти і науки України, в тому числі 4 публікації у виданнях, що включені в міжнародні наукометричні бази даних (2 з яких у Scopus), 1 наукова праця опублікована за кордоном. За результатами досліджень одержано 3 патенти України на корисну модель.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних літературних джерел із 202 найменувань і 5 додатків. Роботу виконано на 249 сторінках машинописного тексту, з яких 170 сторінок основного тексту.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету дослідження, завдання та методи їх розв'язання, висвітлено наукову новизну і практичне значення результатів роботи, її загальну характеристику, подано інформацію про апробацію та впровадження у практику.

У першому розділі проаналізовано існуючі конструктивні схеми основних технічних засобів механізації ручної праці в будівництві, типи

робочих органів розчинозмішувачів і кінематичні схеми їх приводу, запропоновано нову конструкцію малогабаритної штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком зі змінною твірною зовнішньої шнекової стрічки та розчинонасосом для приготування і транспортування будівельних розчинних сумішей.

Вивченням питань приготування і транспортування будівельних розчинних сумішей із врахуванням їх властивостей та передумов застосування у робочих процесах у будівництві займалися відомі вчені й інженери: В.О. Бауман, А.А. Богомолів, М.С. Болотських, Є.С. Болдаков, С.С. Добронравов, І.А. Ємельянова, Л.П. Камчатнов, К.М. Корольов, О.М. Лівінський, В.С. Ловейкін, В.Д. Мартинов, О.Г. Маслов, С.Н. Михайлова, І.І. Назаренко, Л.В. Назаров, Ю.В. Науменко, В.В. Нічке, О.Г. Онищенко, Є.П. Парфьонов, Ю.С. Саленко, К.П. Севров, В.Й. Сівко, В.Д. Топчій, В.Г. Трухан, В.У. Уст'янцев, Л.А. Хмара й інші.

Обґрунтування параметрів і режимів роботи саме малогабаритної штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком зі змінною твірною зовнішньої шнекової стрічки автором здійснюється вперше, що доповнює наявні дослідження цієї галузі. Аналіз літературних джерел дозволив установити, що методика розрахунку якісних та енергетичних параметрів роботи циклічних змішувачів примусової дії такого типу відсутня. У цій дисертації проведено дослідження з метою розроблення потрібної методики, у результаті чого забезпечено створення малогабаритної штукатурно-змішувальної установки з оновленим робочим органом змішувача.

У другому розділі виконано теоретичні дослідження штукатурно-змішувальної установки (рис. 1, а), що складається із розчинозмішувача з вертикальним шнеком зі змінною твірною зовнішньої шнекової стрічки та диференціального поршневого розчинонасоса РН 2-4М.

Розроблено математичну модель процесу змішування суміші із вхідних компонентів вертикальним шнековим змішувачем. Кінематику руху розглянуто в циліндричному корпусі змішувача, в якому обертається вертикальний стрічковий шнековий робочий орган (рис. 1, б, в). Робочий орган змішувача (рис. 2) складається з вертикального вала 1 із нижньою опорою на підшипниковий вузол на днищі корпусу. У центральній частині розміщено внутрішній шнек 2. По зовнішньому радіусу змішувача на кронштейнах 4 і 5 встановлені дві шнекові стрічки 3 з твірною, котра змінює кут нахилу залежно від висоти розміщення від 0 до максимального значення у найвищій частині. Це максимальне значення дорівнює куту α , під яким встановлені зовнішні шнекові стрічки до горизонтальної площини (рис. 1, б).

Кінематику руху елементарної дискретної частки суміші у вигляді точки М розглянуто навколо осі корпусу змішувача Oz. Прийнято дві системи координат із початком координат О у центрі кола днища корпусу змішувача (рис. 3). Схему руху частки суміші у корпусі змішувача у площині Оху показано на рис. 4. Точка М, яка безпосередньо контактує зі шнековою стрічкою та стінкою корпусу змішувача, буде здійснювати складний рух. Він розділяється на переносний рух по колу з радіусом R_0 у площині Оху і

відносний рух у площині Ox_1z_1 , яка буде розміщена під кутом α до горизонталі. Відносний рух буде переміщенням по стрічці догори. Оскільки шнекова стрічка є площиною під кутом до осі циліндричного корпуса змішувача, то таке переміщення відбуватиметься по еліптичній траєкторії від точки А до точки В.

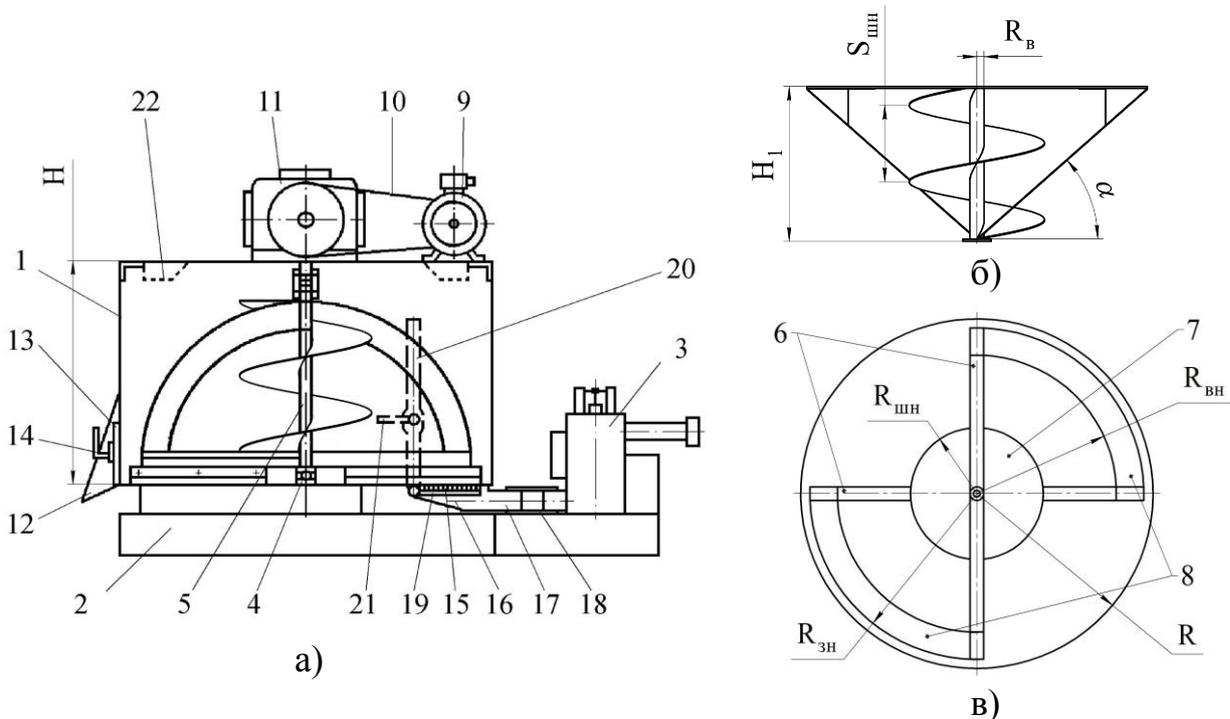


Рис. 1. Схема штукатурно-змішувальної установки: а) загальний вигляд установки; б) вид на робочий орган змішувача збоку зліва; в) вид на робочий орган змішувача зверху; 1 – корпус; 2 – рама; 3 – розчинонасос; 4 – підшипниковий вузол; 5 – вертикальний вал; 6 – кронштейни; 7 – внутрішній шнек з поверхнею гелікоїда; 8 – зовнішні шнекові стрічки зі змінною твірною; 9 – електродвигун привода змішувача; 10 – пасова передача; 11 – черв'ячний редуктор; 12 – затвор; 13 – засувка; 14 – натискний гвинт; 15 – проціджувальна решітка; 16 – живильна камера; 17 – патрубок; 18 – трубопровід; 19 – поворотний фартух; 20 – рукоятка; 21 – фіксуючий гвинт; 22 – жолоб для подачі води; R_v – радіус вертикального вала робочого органа; $R_{шн}$ – радіус внутрішнього шнека; $R_{вн}$ – радіус внутрішньої кромки зовнішньої шнекової стрічки; $R_{зн}$ – радіус зовнішньої кромки зовнішньої шнекової стрічки; R – радіус корпуса змішувача установки; α – кут нахилу зовнішньої шнекової стрічки до горизонтальної площини; $S_{шн}$ – крок гвинтової лінії внутрішнього шнека; H – висота корпуса змішувача; H_1 – висота робочого органа змішувача

Переносний рух точки М по колу від положення у початковий момент часу $M(t)$ до положення у контрольний момент часу $M^e(t_1)$ (рис. 4) матиме прискорення a^e , яке розкладається на нормальне a_n^e , спрямоване до осі Oz , і дотичне a_τ^e , спрямоване по дотичній до кола.

При відомій кутовій швидкості ω_1 точки М у відносному русі та виділених як полярних координат у цьому русі – відстані r та кута φ для аналітичного опису переміщень точки М визначено залежності:

$$x = r_1 \cdot \cos \varphi_1; \quad (1)$$

$$y = r_1 \cdot \sin \varphi_1; \quad (2)$$

$$z = \frac{2 \cdot H \cdot \varphi}{\pi}, \quad (3)$$

де r_1 та φ_1 – відповідно лінійна, м, та кутова, рад, координати точки М у її переносному русі;

H – висота робочого органа, м.

Знайдено швидкість v_τ^r відносного руху та швидкість v_τ^e переносного руху точки М:

$$v_\tau^r = r(\varphi) \cdot \omega_1; \quad (4)$$

$$v_\tau^e = r_1 \cdot \omega_2, \quad (5)$$

де ω_2 – кутова швидкість обертання точки в площині Оху у переносному русі, рад/с.

Прискорення при відносному і переносному русі визначено формулами:

$$a^r = \sqrt{\left(\frac{dv^r}{dt}\right)^2 + r^2 \cdot \omega_1^4}; \quad (6)$$

$$a^e = \sqrt{\left(\frac{dv^e}{dt}\right)^2 + r_1^2 \cdot \omega_2^4}. \quad (7)$$

Також було встановлено, що компоненти суміші, підіймаючись угору, в результаті поступового збільшення кута нахилу твірної зовнішньої стрічки шнека θ отримують примусовий вплив до руху в радіальному напрямку до осі змішувача. Визначено граничну умову кута θ для виникнення доцентрової складової руху:

$$\theta > \arcsin\left(\sqrt{\frac{R \cdot \omega^2}{g}}\right), \quad (8)$$

ω – кутова швидкість обертання робочого органа, рад/с;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Із залежності (8) запропоновано розглядати показник відносної швидкості обертання робочого органа змішувача ψ_ω як раціональний технологічний параметр змішувача установки.

$$\psi_\omega = \frac{\omega}{\omega_{кр}} = \sqrt{\frac{\omega^2 \cdot R_{зн}}{g}} < \sin \alpha, \quad (9)$$

де $\omega_{кр}$ – критична кутова швидкість обертання, рад/с, при якій відцентрове прискорення на зовнішніх кромках зовнішніх гвинтових стрічок робочого органа змішувача дорівнює гравітаційному прискоренню g , м/с².

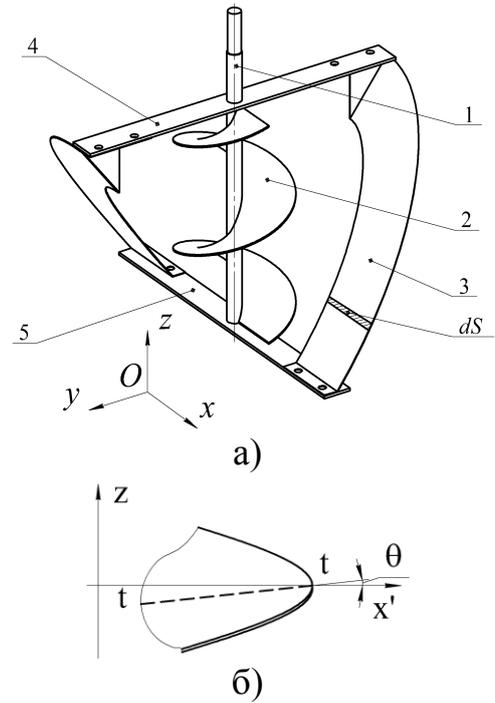


Рис. 2. Робочий орган змішувача: а – вид аксонометрії; б – середня ділянка шнекової стрічки у вертикальній площині, що проходить через вісь z; 1 – вертикальний вал, 2 – внутрішній шнек з поверхнею гелікоїда, 3 – зовнішня шнекова стрічка зі змінною твірною, 4 – верхній кронштейн, 5 – нижній кронштейн, dS – елементарна ділянка стрічки шнека; t-t – твірна шнекової стрічки у вертикальній площині; θ – кут нахилу твірної

Проведено аналіз фізичного процесу, що відбувається у змішувачі, для кронштейнів кріплення та зовнішніх шнекових стрічок робочого органа, а внутрішній шнек виконано за класичною схемою з поверхнею гелікоїда, і він є добре вивченим. Для спрощення початкових умов дослідження зовнішні шнекові стрічки розглядалися із постійним кутом твірної.

Установлено, що основними силами опору руху досліджуваних елементів вертикального шнекового робочого органа в масі розчинної суміші будуть (рис. 5): F_1 – сила опору тертя розчинної суміші, яка переміщується нижнім кронштейном, по дну корпусу змішувача внаслідок тиску суміші на дно від складової власної ваги; F_2 – сила лобового опору нижнього кронштейна, яка виникає внаслідок його руху у розчинній суміші із лінійною швидкістю; F_3 – сила опору тертя розчинної суміші по стінці корпусу змішувача внаслідок дії відцентрової сили інерції маси суміші, яка розташована перед елементарною ділянкою dS ; F_4 – сила опору зсуванню розчинної суміші, що переміщується ділянкою dS відносно суміші, що знаходиться з боку внутрішньої сторони ділянки dS ; F_5 – сила опору тертя розчинної суміші по ділянці dS унаслідок тиску власної ваги суміші, що захоплюється ділянкою dS ; F_6 – сила опору тертя розчинної суміші по стінці корпусу змішувача внаслідок дії тиску розчинної суміші на стінку від складової власної ваги.

З'ясувавши природу зазначених сил опору, можемо знайти потужність, необхідну на їх подолання, окремо для нижнього кронштейна кріплення P_{KP} та зовнішньої шнекової стрічки $P_{CЗТ}$ з урахуванням переходу до зовнішніх шнекових стрічок зі змінною твірною. Отримані наступні залежності:

$$P_{KP} = \left(0,5 \cdot k_f \cdot g \cdot \rho \cdot h \cdot x_1 + \right. \\ \left. + 0,3794 \cdot \sqrt{\rho \cdot c \cdot \mu \cdot \omega \cdot R_{zn}^3} + 1,373 \cdot \mu \cdot R_{zn} \right) \cdot R_{zn}^2 \cdot \omega^2; \quad (10)$$

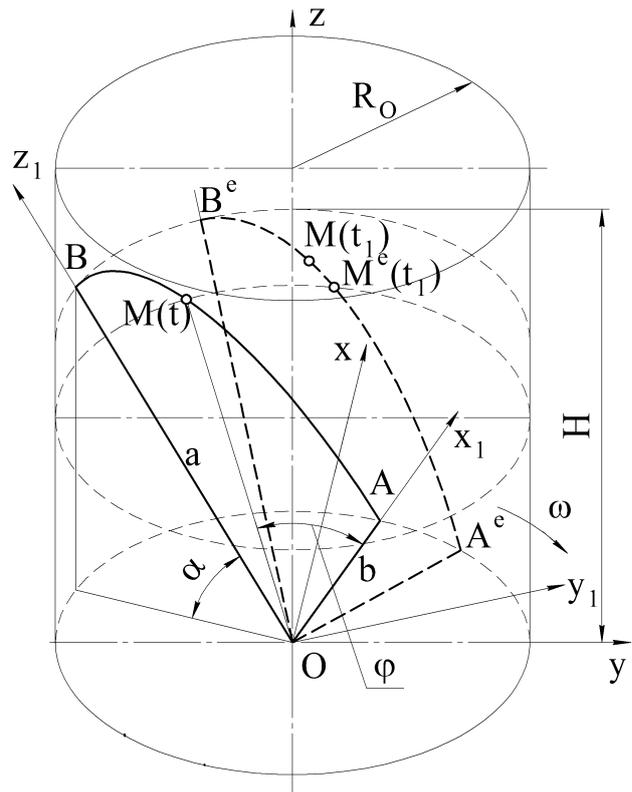


Рис. 3. Схема руху частки суміші у корпусі змішувача

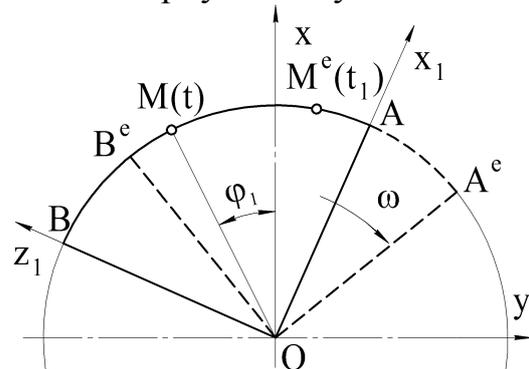


Рис. 4. Схема руху частки суміші у корпусі змішувача у площині Oxy

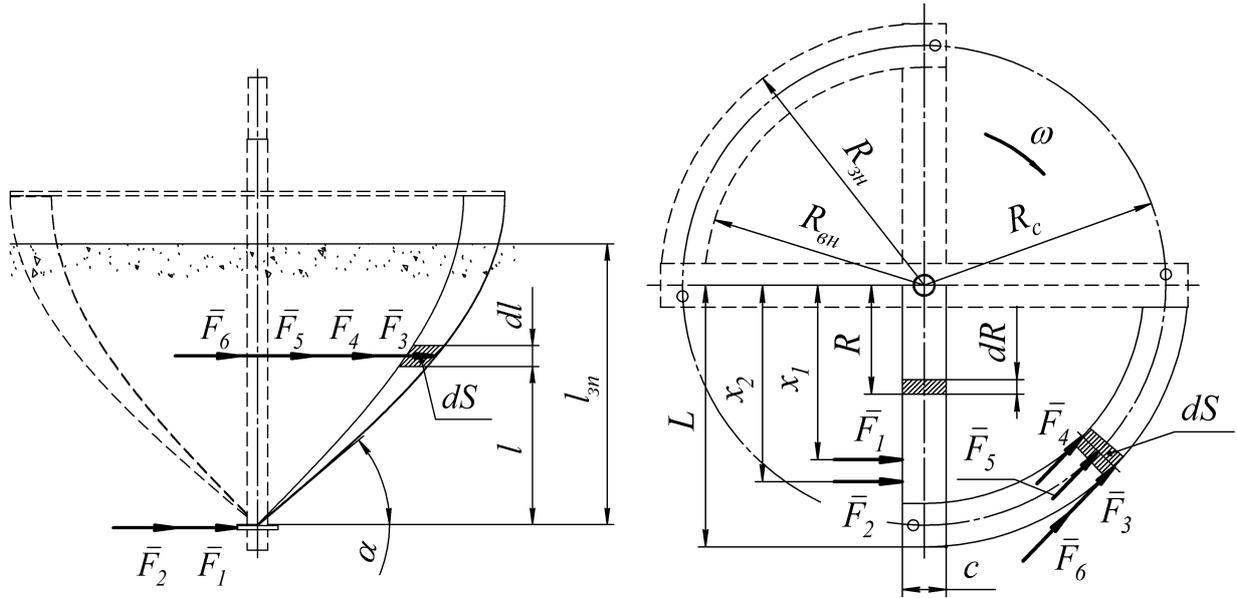


Рис. 5. – Схема сил, що діють на робочий орган змішувача

$$P_{C3T} = \left(\begin{aligned} & \frac{1}{2} \cdot k_f \cdot g \cdot \rho \cdot (R_{3M}^2 - R_{6H}^2) \cdot R_c \cdot (\alpha_{3M} + \sin \alpha_{3M} \cdot \cos \alpha_{3M}) + \\ & + \alpha_{3M} \cdot [k_f \cdot \rho \cdot \omega^2 \cdot R_c^2 \cdot (R_{3M}^2 - R_{6H}^2) + k_\tau \cdot R_{6H}^2 + k_f \cdot g \cdot \rho \cdot R_{3M}^2 \cdot l_{3M}] \end{aligned} \right) \cdot l_{3M} \cdot \frac{\omega}{2}, \quad (11)$$

де k_f – коефіцієнт тертя розчинної суміші по дну корпуса;

ρ – густина розчинної суміші, кг/м³;

h – товщина кронштейна, розмір у вертикальному напрямку, м;

x_1 – відстань від осі обертання до точки прикладання сили F_1 , м;

c – розмір нижнього кронштейна у тангенційному напрямку, м;

μ – динамічна в'язкість розчинної суміші, Па·с;

R_c – радіус до центра ваги об'єму суміші, що переміщується елементарною ділянкою dS , м;

k_τ – коефіцієнт опору, який характеризує в'язкі властивості розчинної суміші, Па;

α_{3M} – кут нахилу зовнішніх шнекових стрічок до горизонталі, рад;

l_{3M} – висота заповнення корпуса змішувача сумішшю, м.

Загальна споживана потужність робочого органа змішувача P , Вт, визначається за формулою

$$P = P_{III} + z_{KP} \cdot P_{KP} + z_{C3T} \cdot P_{C3T}, \quad (12)$$

де P_{III} – потужність, яку окремо споживає внутрішній шнек робочого органа змішувача, Вт;

z_{KP} та z_{C3T} – відповідно кількість пластин кронштейнів та зовнішніх шнекових стрічок зі змінною твірною, занурених у розчинну суміш.

З метою оцінювання якісних показників експлуатації змішувачів з різними типами робочих органів отримано вираз для визначення коефіцієнта ефективності роботи змішувача за конструктивними параметрами у вигляді

$$K_{ce} = \frac{1}{V_{com}} \left(l_{cut} \cdot S_{cut} + V_{wb} \cdot \sin \alpha \cdot \left[\cos \left(\frac{\pi}{2} - \eta \right) + \cos \alpha \right] \right), \quad (13)$$

де V_{com} – загальний об'єм змішувача по завантаженню компонентів, м³;
 l_{cut} – сумарна довжина ліній зрізання по периметру робочого органа, м;
 S_{cut} – площа поверхні зрізання по периметру робочого органа, м²;
 V_{wb} – сумарний об'єм, через який проходять елементи робочого органа змішувача, м³;

η – кут внутрішнього тертя суміші, рад.

Цей коефіцієнт дозволить спростити аналіз доцільності можливих варіантів конструкторських рішень на етапі проектування у процесі створення нової техніки.

З метою визначення впливу елементів штукатурно-змішувальної установки на роботу її розчинонасоса було досліджено гідравлічні опори, котрі створюють проціджувальна решітка та канал всмоктувальної лінії. З'ясовано фізичний механізм відділення із суміші розчиненого в ній повітря, що є головним чинником зменшення об'ємного ККД розчинонасоса. Це явище теоретично описано за отриманою у роботі функціональною залежністю шляхом аналітичного виразу для коефіцієнта K .

$$K = 1 - \left(\frac{\left(2,75 + 0,48 \cdot \frac{l}{d} \right) \cdot \left[0,16 + \left(\frac{S}{1-S} \right)^2 \right] \cdot \text{Re}^{-0,17} \cdot v^2 \cdot \rho + \Delta p_{el}}{P_n} \right)^{r_{opc}}, \quad (14)$$

де d – діаметр отворів проціджувальної решітки, мм;

t – відстань між центрами отворів проціджувальної решітки, мм;

S – коефіцієнт заповнення проціджувальної решітки;

Re – число Рейнольдса;

v – кінематична в'язкість розчинної суміші, м²/с;

Δp_e – перепад тиску, який спричиняють решта елементів каналу всмоктування розчинонасоса, котрі є гідравлічними опорами, Па;

p_n – тиск розчинної суміші перед проціджувальною решіткою, Па;

r_{opc} – коефіцієнт, що враховує реологічні властивості будівельної розчинної суміші.

Залежність (14) справедлива за умов, коли $0,8 < l/d < 4$ та $\text{Re} < 1000$. Коефіцієнт K враховує зниження об'ємного ККД розчинонасоса та допомагає знайти дійсне його значення $\eta_{об}$ при роботі у складі установки, яке змінюється через недостатнє заповнення робочої камери на лінії всмоктування, що пов'язано з особливостями конструкції й геометричними параметрами проціджувальної решітки.

$$\eta_{об} = K \cdot \eta'_{об}, \quad (15)$$

де $\eta'_{об}$ – об'ємний ККД розчинонасоса, визначений окремо від установки, виключно з урахуванням впливу конструктивних параметрів самого розчинонасоса.

У третьому розділі з метою проведення експериментальних досліджень в умовах, наближених до виробничих, і підтвердження запропонованих теоретичних залежностей розроблено та виготовлено штукатурно-змішувальну установку, схему якої подано на рис. 6.

У результаті експерименту, проведеного з використанням установки, отримано значення коефіцієнта неоднорідності суміші V_c , %, наведені на рис. 7. Для зручності поряд відображено розраховану теоретичну криву залежності коефіцієнта неоднорідності V_c , %, від часу змішування t , с.

За результатами досліджень встановлено, що раціональний час для приготування будівельної розчинної суміші заданої якості знаходиться у межах від 80 до 90 секунд, що відповідає сучасним вимогам до змішувачів циклічної дії.

Для оцінювання впливу геометричних параметрів робочого органа змішувача на якість приготування ним будівельної суміші проведено експеримент щодо встановлення числових значень коефіцієнта неоднорідності V_c , %, визначеного при змішуванні цементно-піщаної розчинної суміші впродовж 90 с та прийнятого як показник, котрий характеризує якість роботи обладнання. У дослідженні прийнято взяти такі параметри: радіус внутрішнього шнека $R_{ин}$, мм; радіус внутрішньої кромки зовнішньої шнекової стрічки $R_{вн}$, мм; кут нахилу зовнішньої стрічки шнека α , °.

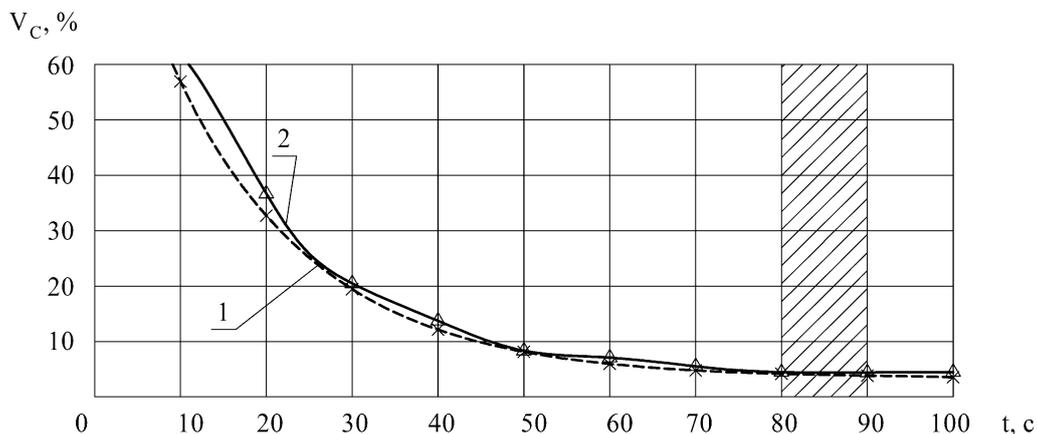


Рис. 7. Зміна однорідності суміші з часом: 1 – залежність, одержана за математичною моделлю; 2 – експериментальна залежність

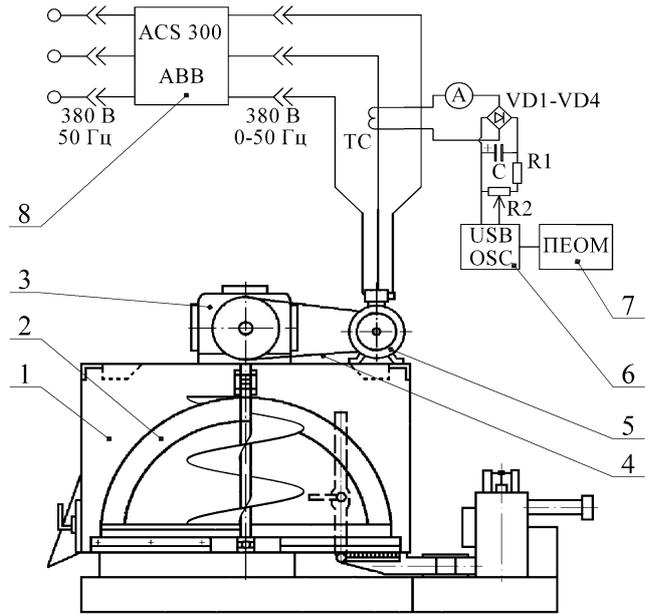


Рис. 6. Схема експериментально-дослідної установки: 1 – корпус змішувача; 2 – вертикальний шнековий змішувач; 3 – редуктор; 4 – пасова передача; 5 – електродвигун; 6 – осцилограф-самописець; 7 – комп'ютер; 8 – перетворювач частоти струму ACS 300

За результатами проведених експериментів побудовано графічні залежності (рис. 8) та встановлено такі діапазони раціональних геометричних параметрів вертикального змішувача: радіус внутрішнього шнека $R_{\text{вн}} = 200 \dots 220$ мм; радіус внутрішньої кромки зовнішньої шнекової стрічки $R_{\text{вн}} = 400 \dots 420$ мм; кут нахилу зовнішньої стрічки шнека $\alpha = 36^\circ \dots 43^\circ$.

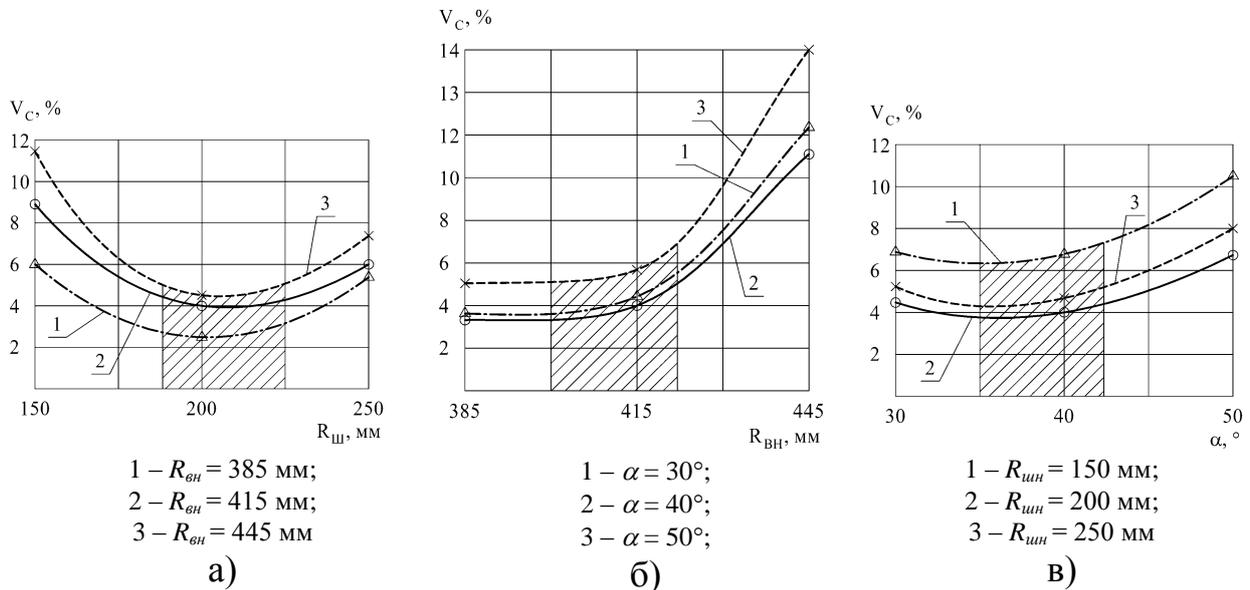


Рис. 8. Залежності коефіцієнта неоднорідності приготованої суміші V_c , %, від: а – радіуса внутрішнього шнека змішувача $R_{\text{вн}}$; б – радіуса внутрішньої кромки зовнішньої шнекової стрічки змішувача $R_{\text{вн}}$; в – кута нахилу зовнішньої стрічки шнека α

Доцільно представити встановлені значення параметрів у відносних одиницях. Для радіусів елементів робочого органа змішувача $R_{\text{вн}}$ і $R_{\text{вн}}$ – відповідно як відносний радіус внутрішнього шнека $R_{\text{вн}R}$ і відносний радіус внутрішніх кромки зовнішніх шнекових стрічок $R_{\text{вн}R}$, котрі отримані шляхом відношення до радіуса корпусу змішувача R (рис. 1, в). Кут нахилу зовнішньої стрічки шнека α – через відносну швидкість обертання робочого органа ψ_ω , згідно із залежністю (9). Тоді отримуємо наступні раціональні показники:

$$R_{\text{вн}R} = \frac{R_{\text{вн}}}{R} = \frac{200 \dots 220}{540} = 0,37 \dots 0,407; \quad R_{\text{вн}R} = \frac{R_{\text{вн}}}{R} = \frac{400 \dots 420}{540} = 0,741 \dots 0,778; \quad \text{а}$$

також $\psi_\omega < 0,588 \dots 0,682$.

За схемою установки, наведеною на рис. 6 і виготовленою згідно з отриманими попередньо раціональними геометричними параметрами, було проведено планований трифакторний експеримент. Як показник Y , що досліджувався, прийнято потужність, котра споживається змішувачем, P , кВт. Як аргументи прийнято: X_1 – рухомість розчинної суміші Π , см; X_2 – частота обертання вала змішувача n , об/хв; X_3 – висота завантаження суміші h , мм.

У результаті знайдено рівняння регресії у кодованому вигляді

$$Y = 2,046 - 0,314X_1 + 1,079X_2 + 0,708X_3 + 0,019X_1^2 + 0,128X_2^2 + 0,057X_3^2 - 0,162X_1X_2 - 0,102X_1X_3 + 0,301X_2X_3. \quad (16)$$

За розв'язками рівняння (16) на рис. 9 побудовано графічні залежності.

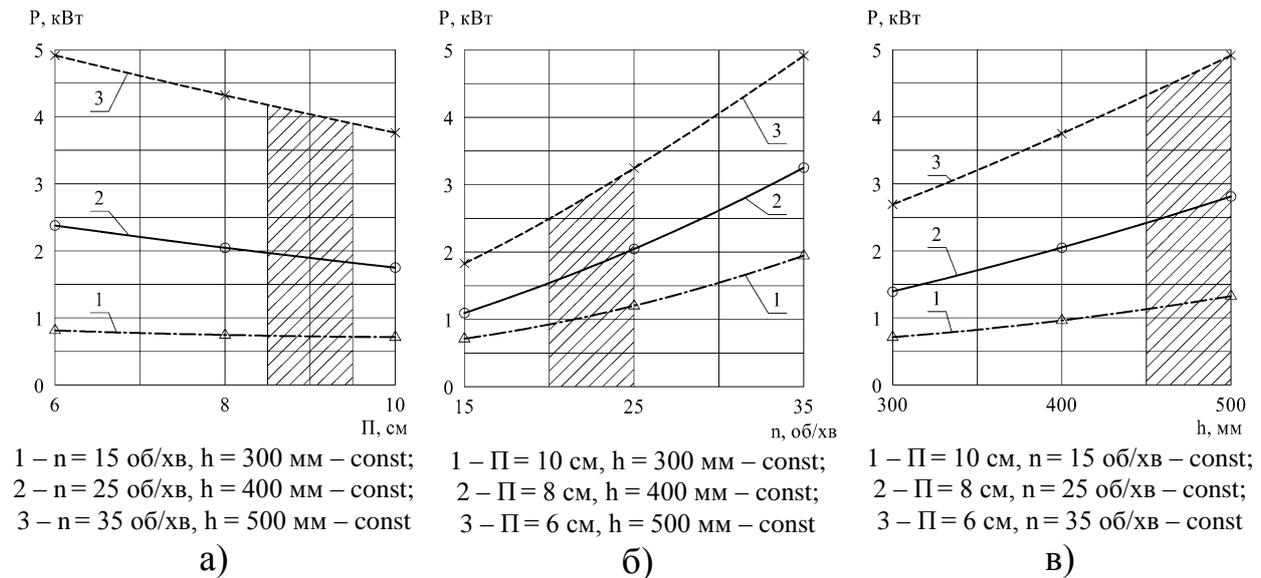


Рис. 9. Графіки залежності потужності, що споживається робочим органом змішувача з вертикальним шнеком, від незалежних факторів: а – рухомості розчинної суміші Π , см; б – частоти обертання вала змішувача n , об/хв; в – висоти завантаження суміші h , мм

Їх аналіз дозволяє зробити висновок, що здебільшого на величину споживання потужності приводом змішувача впливає частота обертання, а для забезпечення належних показників продуктивності й якості приготованої суміші при збалансованих енергетичних витратах можна рекомендувати наступні діапазони параметрів роботи: рухомість розчинної суміші $\Pi = 8 \dots 10$ см; частота обертання вала змішувача $n = 20 \dots 25$ об/хв; висота завантаження суміші $h = 450 \dots 500$ мм.

Сплановано та проведено повний трифакторний експеримент для визначення впливу на величину об'ємного ККД розчинонасоса геометричних параметрів проціджувальної решітки. У ньому як функцію Y прийнято коефіцієнт K , котрий урахує зниження об'ємного ККД через недостатнє заповнення робочої камери на лінії всмоктування розчинонасоса. Факторами у дослідженні прийнято: X_1 – діаметри отворів проціджувальної решітки d , мм; X_2 – відстань між центрами отворів проціджувальної решітки t , мм; X_3 – рухомість розчинної суміші Π , см. За результатами виконання плану експерименту рівняння регресії у кодованому варіанті матиме вигляд:

$$Y = 0,9688 + 0,0259X_1 - 0,0196X_2 + 0,0344X_3 - 0,0129X_1^2 - 0,0114X_2^2 - 0,0154X_3^2 - 0,0186X_1X_2 - 0,0066X_1X_3 + 0,0044X_2X_3. \quad (17)$$

Графічні залежності досліджуваного коефіцієнта K побудовано за допомогою рівняння (17) при виконанні умов, що $0,8 < l/d < 4$ та $Re < 1000$, і зображено на рис. 10. Характер кривих указує на те, що для стабілізації мінімального впливу на зменшення об'ємного ККД розчинонасоса при збереженні достатньої жорсткості, решітки вона повинна мати такі рекомендовані діапазони геометричних параметрів: діаметри отворів $d = 9 \dots 10$ мм, відстань між центрами отворів $t = 13 \dots 14$ мм. Найкраща ситуація спостерігається при перекачуванні більш рухомих розчинних

сумішей, але за потреб технологічного процесу опорядкування може бути рекомендований діапазон їх рухомості і на рівні $\Pi = 10 \dots 11$ см.

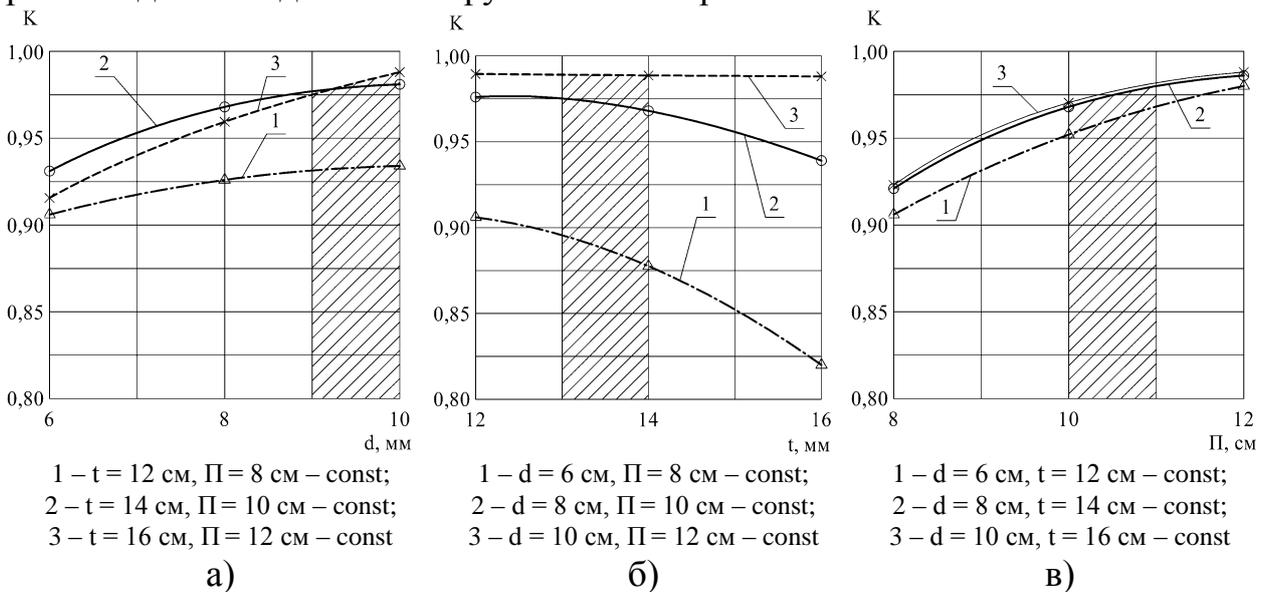


Рис. 10. Графіки залежності зміни коефіцієнта K від факторів: а – діаметрів отворів проціджувальної решітки d , мм; б – відстань між центрами отворів проціджувальної решітки t , мм; в – рухомості розчинної суміші Π , см

Установлено, що вплив розглянутого коефіцієнта K зменшується з підвищенням рухомості розчинних сумішей і при досягненні її значення $\Pi = 12$ см розбіжність значень об'ємного ККД розчинонасоса, визначеного у складі установки та окремо, не перевищує 1,5%.

У розділі 4 обґрунтовано методику визначення основних параметрів штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком і наведено технічну характеристику створеного дослідного зразка (рис. 11).

Виробничі випробування розробленої установки у межах будівельного майданчика проводилися компанією ТДВ «Полтавтрансбуд» при зведенні одинадцятиповерхового житлового будинку. У ході цих випробувань запропонована конструкція забезпечила ефективність приготування, перекачування будівельних вапняно- і цементно-піщаних розчинних сумішей різної рухомості трубопроводами та механізованого їх нанесення на оброблювані поверхні при виконанні штукатурних робіт і утворенні самовирівнювальних підлог. Робота штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком отримала позитивну оцінку від будівельників.



Рис. 11. Зовнішній вигляд штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Виконано аналіз конструкцій обладнання для приготування та транспортування розчинних сумішей з об'ємом готового замісу понад 350 л, який показав доцільність створення та дослідження малогабаритної штукатурно-змішувальної установки, обладнаної вертикальним шнековим робочим органом змішувача із внутрішнім шнеком з поверхнею гелікоїда та двозахідною зовнішньою шнековою стрічкою зі змінною твірною.

2. Розроблено математичну модель процесу змішування будівельної розчинної суміші з використанням вертикального шнекового робочого органа зі змінною твірною зовнішньої стрічки шнека. Отримано залежності, котрі дозволяють виконувати розрахунки координат переміщення часток суміші при складному русі. Отримано напрямки швидкостей і прискорень відносного та переносного руху, а також залежності для розрахунку їх величин.

3. Використання запропонованої конструкції вертикального шнекового змішувача зі змінною твірною зовнішньої стрічки шнека забезпечує високу якість змішування будівельних розчинних сумішей за умови порівняно значної висоти заповнення корпусу за рахунок створення примусового впливу на суміш, що характеризується рухом до центральної частини змішувача, до зони осі обертання. Теоретично описано умови виникнення доцентрового змушуючого впливу, схеми сил, які діють на елементи робочого органа.

4. Знайдено теоретичні залежності й оцінено вплив на споживання змішувачем потужності від фізико-механічних властивостей будівельних розчинних сумішей, кінематичних параметрів робочого органа та висоти заповнення змішувача. На основі повного трифакторного експерименту підтверджено теоретичну модель споживання змішувачем потужності P , Вт, шляхом знаходження рівнянь регресії (адекватність з вірогідністю 0,95).

5. Запропоновано та теоретично обґрунтовано коефіцієнт ефективності K_{ce} роботи будівельних змішувачів, який визначається співвідношенням інтенсивності масопереносу та зсувної дії на суміш до загального об'єму корпусу змішувача. Цей показник дозволяє оцінювати якість роботи змішувачів різних за конструктивним виконанням.

6. Експериментально підтверджено приготування змішувачем будівельних розчинних сумішей заданої якості шляхом визначення коефіцієнта неоднорідності суміші V_c , %. Виявлено раціональний час змішування, котрий становить 90 с для цементно-піщаної суміші (із співвідношенням 1:3) рухомістю 10 см. Збільшення часу змішування не сприяє суттєвому підвищенню якості суміші.

Установлено раціональні діапазони значень основних геометричних параметрів робочого органа змішувача в абсолютних величинах для дослідної установки: радіус внутрішнього шнека $R_{ин} = 200...220$ мм; радіус внутрішньої кромки зовнішньої шнекової стрічки $R_{ен} = 400...420$ мм; кут нахилу зовнішньої стрічки шнека $\alpha = 36^\circ...43^\circ$. А також у відносних одиницях до радіуса корпусу установки $R = 540$ мм. Це відносний радіус внутрішнього шнека $R_{инR} = 0,37...0,407$ і відносний радіус внутрішніх кромок

зовнішніх гвинтових стрічок $R_{внR} = 0,741 \dots 0,778$. Співвідношення $R_{внR}$ та $R_{внR}$ можуть бути прийняті як геометричні критерії подібності робочого процесу змішування. На основі рекомендованих значень кута нахилу зовнішньої стрічки шнека α запропоновано раціональний показник відносної швидкості обертання робочого органа змішувача $\psi_{\omega} < 0,588 \dots 0,682$, який може бути прийнятим динамічним критерієм подібності робочого процесу змішування, а також як раціональний технологічний параметр змішувача установки.

7. Отримано теоретичну залежність коефіцієнта K , котрий характеризує вплив проціджувальної решітки на об'ємний ККД розчинонасоса, пов'язує з ним геометричні параметри проціджувальної решітки та реологічні властивості розчинної суміші й ураховує його зниження через недостатнє заповнення розчинною сумішшю робочої камери на лінії всмоктування. На основі повного трифакторного експерименту було отримано рівняння регресії для визначення коефіцієнта K (адекватність з вірогідністю 0,95). У результаті знайдено раціональний діапазон діаметрів отворів решітки $d = 9 \dots 10$ мм.

8. Розроблено науково обґрунтовану методику розрахунку для проектування штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком під особливості виробничих умов.

9. На основі результатів проведених досліджень створена й упроваджена в будівельне виробництво штукатурно-змішувальна установка УШЗ-500 з вертикальним шнеком зі змінною твірною зовнішньої стрічки шнека. Річний економічний ефект від її упровадження у будівельне виробництво у цінах 2018 року становить 41 279,70 грн на одну установку.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у спеціалізованих фахових виданнях, рекомендованих МОН України

1. Онищенко О. Г., Коробко Б. О., Рогозін І. А. Керований робочий орган роторного змішувача з механізмом керування важільного типу. *Галузеве машинобудування, будівництво*: збірник наукових праць. Полтава: ПолтНТУ, 2006. Вип. 18. С. 3–6. (Особистий внесок: обґрунтовано доцільність керування робочим органом та запропоновано методику його проведення).

2. Онищенко О. Г., Рогозін І. А., Бейгул С. Б. Дослідження процесу приготування штукатурних розчинів у розчинозмішувачі з вертикальним шнековим робочим органом. *Галузеве машинобудування, будівництво*: збірник наукових праць. Полтава: ПолтНТУ, 2009. Вип. 23, т. 1. С. 45–54. (Особистий внесок: досліджено сукупність фізичних явищ, що відбуваються у процесі приготування будівельних розчинних сумішей).

3. Онищенко О. Г., Рогозін І. А., Іваницька І. О. Аналіз утворення та існування «мертвих зон» у змішувачах. *Галузеве машинобудування, будівництво*: збірник наукових праць. Полтава: ПолтНТУ, 2010. Вип. 1 (26). С. 24–29. (Особистий внесок: описано особливості циркуляції суміші, завдяки якій досягається її гомогенність).

4. Рогозін І. А. Розчинозмішувач з вертикальним шнеком та планетарними лопатками. *Строительство, материаловедение, машиностроение, интенсификация рабочих процессов строительных и*

дорожных машин. Серия: Подъёмно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование: сб. научн. тр. Днепропетровск: ПГАСА, 2010. № 57. С. 234–242.

5. Коробко Б. О., Рогозін І. А. Аналіз конструктивних особливостей та шляхів вдосконалення змішувачів будівельних машин. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Серия: Подъёмно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование*: сб. научн. тр. Днепропетровск: ГВУЗ «ПГАСА», 2012. № 66. С. 274–280. (Особистий внесок: виконано аналіз ефективності використання різних конструктивних схем обладнання).

6. Васильєв О. С., Рогозін І. А. Установка для приготування та транспортування бетону. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. Харків: Технологічний центр, 2013. Вип. 2/7 (62). С. 34–36. (Index Copernicus). (Особистий внесок: проаналізовано експлуатаційні властивості підшипникових вузлів установки та методи їх захисту від абразиву).

7. Коробко Б. О., Васильєв О. С., Рогозін І. А. Аналіз кінематики суміші в корпусі змішувача з вертикальним шнеком зі змінною твірною. *Східно-Європейський журнал передових технологій*. Харків: Технологічний центр, 2015. Вип. 3/7 (75). С. 48–52. (Scopus). (Особистий внесок: розроблено математичну модель процесу змішування компонентів будівельних сумішей).

8. Васильєв О. С., Васильєв Є. А., Рогозін І. А. Дослідження об'ємного ККД диференціального розчинонасоса залежно від конструкції клапанних вузлів. *Вісник НТУ «ХП»*, Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХП», 2017. № 23 (1245). С. 5–10. (Index Copernicus). (Особистий внесок: розроблено схему установки та план проведення експериментальних досліджень).

Міжнародні публікації, які входять до наукометричних баз даних

9. Rohozin I., Vasyliiev O., Pavelieva A. Determination of Building Mortar Mixers Effectiveness. *International Journal of Engineering & Technology*. 2018. Vol. 7, No 3.2, [S.I. 2]. P. 360–366. (Scopus). (Особистий внесок: розроблено методичку оцінки ефективності роботи змішувачів будівельних машин різних конструкцій).

Патенти

10. Комбінований вертикальний змішувач: пат. 75129 Україна: МПК (2006.01) B28C 5/16. № у 2012 04779; заявл. 17.04.2012; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 22.

11. Установка розчинозмішувальна з вертикальним шнеком: пат. 81413 Україна: МПК (2006.01) B28C 5/16. № у 2013 01300; заявл. 04.02.2013; опубл. 25.06.2013, Бюл. № 12. (Особистий внесок: виконано обґрунтування параметрів установки).

12. Вертикальний змішувач із шнековою стрічкою зі змінною твірною: пат. 99566 Україна: МПК (2006.01) B28C 5/16. № у 2014 14200; заявл. 31.12.2014; опубл. 10.06.2015, Бюл. № 11. (Особистий внесок: обґрунтовано геометричні параметри стрічки шнека зі змінною твірною).

АНОТАЦІЯ

Рогозін І. А. Обґрунтування параметрів штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.05.02 – машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій. – Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, Полтава, 2019.

Дисертаційна робота присвячена питанням підвищення ефективності робочих процесів штукатурно-змішувальної установки з вертикальним шнеком.

Розроблено математичну модель процесу змішування вертикальним шнековим робочим органом будівельних сумішей. Досліджено та обґрунтовано раціональні розміри й кути встановлення вертикальних шнекових стрічок змішувача. Вивчено процес взаємодії робочого органа змішувача з будівельною розчинною сумішшю та умови її перекачування розчинонасосом. За даними теоретичних і експериментальних досліджень здійснено оцінювання якості приготування готової продукції, рівень споживання потужності установкою. Отримані результати використано при розробленні конструкції установки та побудові методики проектного розрахунку раціональних параметрів.

Створено й упроваджено дослідно-промисловий зразок установки в будівельне виробництво з техніко-економічним обґрунтуванням ефективності використання.

Ключові слова: штукатурно-змішувальна установка, змішувач, вертикальний шнек, змінна твірна стрічки шнека, розчинонасос, будівельна суміш, якість змішування, споживана потужність.

АННОТАЦИЯ

Рогозин И. А. Обоснование параметров штукатурно-смесительной установки с вертикальным шнеком. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.05.02 – машины для производства строительных материалов и конструкций. – Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, 2019.

Диссертация посвящена вопросам повышения эффективности рабочих процессов штукатурно-смесительной установки с вертикальным шнеком на основе исследования условий взаимодействия строительных смесей с рабочим органом смесителя и условий их перекачивания растворонасосом и разработки методик по определению рациональных параметров работы оборудования в целом.

Проведен анализ существующих конструктивных схем оборудования, основных средств малой механизации ручного труда в строительстве, типов рабочих органов растворосмесителей и их кинематических схем, предложена новая конструкция малогабаритной штукатурно-смесительной установки с вертикальным шнеком с переменной образующей внешней шнековой ленты и

растворонасосом для приготовления и транспортировки строительных растворных смесей.

Теоретически исследованы и обоснованы рациональные размеры и углы установки элементов рабочего органа смесителя установки. Его предложено выполнить как вертикальный вал, на котором установлен внутренний шнек с поверхностью геликоида и две внешние шнековые ленты с переменной образующей. Для внешней шнековой ленты найдено условие образования центростремительной вынуждающей силы воздействия на смесь, которая способствует повышению интенсивности процесса смесеобразования.

Разработана математическая модель процесса смешивания вертикальным шнековым рабочим органом строительных смесей в корпусе установки. Определены кинематические характеристики движения элементарной дискретной частицы смеси в корпусе смесителя и получены зависимости, позволяющие проводить аналитическое описание перемещений частиц смеси, их скоростей и ускорений при сложном движении. Исследован характер механизма гидродинамического взаимодействия частиц растворной смеси с рабочим органом смесителя. Установлены основные сопротивления движения вертикального шнекового рабочего органа в массе растворной смеси. Для них построены схемы сил, действующих на рабочий орган смесителя. На этой основе найдены зависимости дающие возможность определить работу и мощность, которые необходимы для движения рабочего органа смесителя в массе растворной смеси.

Для сравнительной оценки эффективности работы смесителей различных по конструктивному исполнению предложен и теоретически обоснован показатель коэффициент эффективности. На его основе предложена оригинальная методика, которая позволит упростить анализ целесообразности возможных вариантов конструкторских решений на этапе проектирования в процессе создания новой техники.

Приведены результаты экспериментальных исследований оценки качества смеси по ее однородности, с помощью которых определено рациональное время рабочего цикла приготовления строительной растворной смеси. Также экспериментально подтвержден показатель коэффициента эффективности смесителя путем сравнения данных для смесителей с различным конструктивным исполнением. Кроме того, доказано, что применение переменной образующей для внешних шнековых лент в конструкции рабочего органа смесителя приводит к повышению интенсивности процесса смешивания.

Экспериментально исследовано влияние геометрических параметров рабочего органа смесителя установки на качество строительной смеси в конце рабочего цикла. Приведены результаты осуществленных измерений для различных образцов рабочего органа, по которым установлено рациональные значения его геометрических параметров.

Представлен план полного трёхфакторного эксперимента принятой методики и программы исследований влияния физико-механических свойств строительных растворных смесей, кинематических и геометрических

параметров работы смесителя установки на потребление мощности. Результаты экспериментов обработаны, и получено уравнение регрессии, которое позволяет оценить влияние исследуемых факторов на величину потребления мощности смесителем.

Экспериментально исследовано влияние реологических свойств строительных растворных смесей при прохождении через отверстия различных диаметров решетки перед всасывающим трубопроводом на величину объемного КПД растворонасоса установки.

Предложена и обоснована методика определения основных параметров штукатурно-смесительной установки с вертикальным шнеком. Эффективность работы установки подтверждена результатами производственных испытаний на строительной площадке.

Осуществлено технико-экономическое обоснование эффективности использования опытно-промышленного образца установки в строительном производстве.

Ключевые слова: штукатурно-смесительная установка, смеситель, вертикальный шнек, переменная образующая шнековой ленты, растворонасос, строительная смесь, качество перемешивания, потребляемая мощность.

ABSTRACT

Rohozin I.A. Substantiation of parameters of the plastering-mixing machine with a vertical screw. – Manuscript copyright.

The dissertation for scientific degree of Candidate of Technical Sciences, speciality 05.05.02 – machines for building materials and structure production. – Poltava National Technical Yuri Kondratyuk University, Poltava, 2019.

The dissertation is devoted to the issues of the efficiency increasing of a plastering and mixing machine with a vertical screw working processes.

A mathematical model of mixing process with a vertical screw working body is developed. The rational dimensions and installation angles of the vertical screw mixer blades are investigated and substantiated. The interaction process of the mixer working body with the building mixture and the conditions for their transfer by a mortar pump are studied. According to theoretical and experimental studies, the quality of finished product preparation, the level of power consumption by the installation has been evaluated. The obtained results are used in the machine construction project conception and construction of the rational parameters engineering calculation method.

A prototype industrial design of a machine in a building industry with a feasibility study of the economic use efficiency was created and implemented.

The keywords: plastering-mixing machine, mixer, vertical screw, screw blade variable generatrix, mortar pump, building mixture, mixing quality, power consumption.

Поліграфічний центр
Полтавського національного технічного університету
імені Юрія Кондратюка
36011, Полтава, Першотравневий проспект, 24.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції,
серія ДК № 3130 від 06.03.2008.

Підписано до друку 14.05.2019.
Папір офсетний. Друк RISO.
Ум. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим. Формат 60×90/16. Зам. № 48.