

Міністерство освіти і науки України

Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка

Попов Станіслав В'ячеславович

УДК 693.5(088.8)

**Мобільна розчинозмішувальна установка
з однопоршневим розчинонасосом**

05.05.02 – Машини для виробництва будівельних матеріалів і конструкцій

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Полтава – 2008

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Онищенко Олександр Григорович,
Полтавський національний технічний університет імені
Юрія Кондратюка, завідувач кафедри будівельних машин
та обладнання.

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Назаренко Іван Іванович,
Київський національний університет будівництва
та архітектури, завідувач кафедри машин і обладнання
технологічних процесів;

доктор технічних наук, професор
Маслов Олександр Гаврилович,
Кременчуцький державний політехнічний університет
імені Михайла Остроградського,
завідувач кафедри основ конструювання машин і
технологічного обладнання.

Захист відбудеться 25 червня 2008 року, о 13.30, на засіданні спеціалізованої вченої ради К 44.052.01 Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка за адресою: 36011, м. Полтава, Першотравневий проспект, 24 (зала засідань – аудиторія 218).

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

Автореферат розісланий 19 травня 2008 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
канд. техн. наук, доцент



М.П. Нестеренко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. У будівельному виробництві під час зведення будинків та споруд штукатурні роботи відносять до одних із найбільш трудомістких процесів. Їх частина у загальних витратах праці становить 25...30%, а в загальній вартості будівництва – 15...18%. Тому питання механізації штукатурних робіт має особливо *актуальне* значення, оскільки від якості та термінів їх виконання залежать строки своєчасного введення об'єктів в експлуатацію. Значна частка ручної праці наявна на дрібних територіально розрізнених об'єктах. В останні десятиріччя у будівництві з будь-яким обсягом штукатурних робіт використовуються, головним чином, потужні штукатурні станції. Вони працюють на привізному розчині з бетонно-розчинних заводів. У штукатурній станції безпосередньо перед використанням розчин доводиться до товарної кондиції, тому що внаслідок транспортування автосамоскидами з нього втрачається деяка кількість води, цементу чи вапна.

Проведений у роботі економічний аналіз свідчить про те, що вартість розчину, привезеного з розчинного вузла або заводу, в 1,5–2,5 рази більша від вартості розчину, який приготований безпосередньо на місці будівництва. Наприклад, під час сільськогосподарського будівництва або спорудження котеджів застосування штукатурних станцій узагалі недоцільне внаслідок як незначного обсягу робіт, так і відсутності в сільській місцевості розчинних вузлів. Виникає *проблема* підвищення ефективності засобів механізації будівництва для зменшення рівня ручної праці, пов'язана із відсутністю ефективних малогабаритних мобільних розчинозмішувальних установок для приготування будівельних розчинів із сухих компонентів (цементу, вапна, піску і води) безпосередньо на будівельних об'єктах з подальшим їх транспортуванням по трубопроводах до місць використання.

Виходячи із цього, в даній роботі поставлене актуальне завдання створення, дослідження й широкого впровадження у будівельне виробництво України мобільної розчинозмішувальної установки, обладнаної новим однопоршнеvim розчинонасосом із комбінованим компенсатором пульсації тиску, а також розроблення методики розрахунку її конструктивно-технічних і енергетичних параметрів з обґрунтуванням режимів роботи.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тема дисертації включена до розроблених Полтавським національним технічним університетом імені Юрія Кондратюка держбюджетних науково-дослідницьких тем №62/04 „Розроблення та впровадження у будівельне виробництво малоопераційної комплексно-механізованої технології виконання опоряджувальних робіт” (номер державної реєстрації 0104 U 000318) та №67/07 „Створення пересувного малогабаритного штукатурного агрегату нового покоління з розробленням комплексно-механізованої технології оштукатурювання” (номер державної реєстрації 0107 U 000938), що затверджені Міністерством освіти і науки України на 2007–2009 роки та відповідають напряму наукових досліджень кафедри будівельних машин та обладнання.

Мета і завдання дослідження даної роботи – підвищення ефективності робочих процесів змішувача мобільної малогабаритної універсальної розчинозмішувальної установки з розчинонасосом, обладнаним комбінованим компенсатором пульсації тиску; дослідження режимів роботи з розробленням методики розрахунку оптимальних конструктивних, технологічних та енергетичних параметрів цієї установки. Для досягнення поставленої мети автором розв'язувались такі завдання:

1 Проаналізувати стан проблеми з визначенням шляхів підвищення ефективності робочих процесів малогабаритних розчинозмішувальних установок для приготування і транспортування будівельних розчинів.

2 Розробити математичну модель процесу змішування у бункері шнековим робочим органом сухих компонентів у вигляді піску, цементу, вапна тощо.

3 Провести дослідження процесів та явищ, що виникають під час руху робочого органа змішувача в сухих будівельних сумішах і розчинах.

4 Оцінити вплив фізико-механічних властивостей будівельних розчинів, кінематичних параметрів, коефіцієнта наповнення та геометричних параметрів змішувача на витрати потужності.

5 Провести експериментальне оцінювання якості приготування розчинної суміші з метою визначення нерівномірності розподілу компонентів та оптимальних режимів роботи розчинозмішувальної установки.

6 На основі експериментальних досліджень запропонувати спосіб оцінювання сукупності опорів, що виникають при змішуванні будівельних розчинів шнековим робочим органом.

7 Дослідити процес взаємодії конічних підшипників ковзання оригінальної конструкції при контакті з матеріалом, що змішується, в запропонованому автором розчинозмішувачі.

8 Розробити методику розрахунку основних геометричних, конструктивних і технічних параметрів розчинозмішувальної установки, які забезпечують підвищення якості змішування та зниження енергоємності.

9 Створити нову конструкцію установки, обґрунтувати параметри, а також упровадити результати досліджень у будівельне виробництво та навчальний процес.

10 Розрахувати економічну ефективність від упровадження малогабаритної мобільної розчинозмішувальної установки з однопоршневим розчинонасосом для приготування будівельних розчинів із вхідних сухих компонентів і води.

Об'єкт дослідження – створена автором нова мобільно-універсальна розчинозмішувальна установка циклічної дії зі шнековим змішувачем, уперше запропонованою для цього цівковою передачею, конічними підшипниками ковзання та однопоршневим розчинонасосом, обладнаним комбінованим компенсатором пульсації тиску.

Предмет дослідження – фізичні явища, які виникають під час взаємодії робочих органів розчинозмішувального обладнання із середовищем, що змішується, під час приготування будівельних сухих сумішей і розчинів різного складу та рухомості, а також визначення ступеня впливу їх режимних і конструктивних параметрів на енергетичні та технологічні показники робочих процесів, залежність показників ефективної роботи розчинозмішувальної установки в цілому від запропонованих технічних рішень.

Методи дослідження. Під час дослідження й розроблення малогабаритної мобільної установки з однопоршневим розчинонасосом було використано системний підхід щодо вивчення та опису всіх значущих факторів, які впливають на досліджувані параметри. Із цією метою були застосовані методи фізичного й математичного моделювання, послідовних наближень, математична статистика, теорія подібності, а також електронно-обчислювальна техніка. Адекватність математичних моделей та достовірність результатів підтверджується задовільним збігом даних, отриманих при теоретичних розрахунках, із результатами експериментальних досліджень.

Наукова новизна

При створенні й дослідженні нової малогабаритної розчинозмішувальної установки вперше:

- на основі математичного моделювання отримані функціональні залежності, що характеризують процес циклічного змішування сухих сипких компонентів будівельних сумішей у малогабаритному шнековому змішувачі;

- одержані аналітичні співвідношення взаємодії шнекового змішувача розчинозмішувальної установки з будівельним розчином, на їх основі визначені залежності енергоємності від конструктивних параметрів, режимів роботи та властивостей суміші, що змішується;

- розроблено систему рівнянь взаємодії між собою та робочим середовищем для деталей тертя підшипникових конічних опор ковзання, що дозволяють уникнути витрат будівельного розчину через ущільнення, під час роботи шнекового змішувача.

Дістало подальшого розвитку:

- дослідження впливу фізико-механічних властивостей будівельних розчинів, кінематичних, геометричних параметрів і коефіцієнта наповнення розчинозмішувальної установки на витрати потужності при змішуванні шнековим робочим органом;

- встановлення коефіцієнта питомого опору руху k , кПа, для шнекового змішувача.

Практичне значення одержаних результатів

1 Створена і введена мобільна розчинозмішувальна установка, обладнана однопоршнеvim розчинонасосом із комбінованим компенсатором пульсації тиску, на будівельних об'єктах ВАТ „Полтавтрансбуд” (м. Полтава) та ВАТ „Домобудівний комбінат №3” (м. Київ). Це забезпечило підвищення продуктивності праці штукатурів у 2,5–3 рази й зменшило енерговитрати на 50%.

2 Удосконалений технологічний процес змішування будівельних розчинів із вхідних сухих сипких компонентів та води в бункері малогабаритної мобільної розчинозмішувальної установки за допомогою шнекового робочого органа.

3 Обґрунтовані раціональні конструктивні, режимні параметри однозахідного шнекового змішувача і розроблена методика їх інженерних розрахунків.

4 Уперше зовнішнє цівкове зачеплення застосовано в кінематичній схемі привода розчинозмішувальної установки.

5 Розроблені рекомендації щодо забезпечення ефективної експлуатації та збільшення міжремонтних циклів розчинозмішувальної установки.

6 Результати роботи впроваджені в узагальнення держбюджетних тематик: „Розроблення та впровадження у будівельне виробництво малоопераційної комплексно-механізованої технології виконання опоряджувальних робіт”, „Створення пересувного малогабаритного штукатурного агрегату нового покоління з розробленням комплексно-механізованої технології оштукатурювання”, затверджених Міністерством освіти і науки України; у навчальному процесі в Полтавському національному технічному університеті імені Юрія Кондратюка під час підготовки спеціалістів та магістрів зі спеціальності „Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні і меліоративні машини та устаткування”; у курсовому й дипломному проектуванні; впроваджені у будівельне виробництво.

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота є самостійно виконаною автором науковою працею. У ній викладено науковий підхід до розв'язання проблеми

підвищення ефективності засобів малої механізації будівництва шляхом створення першої в Україні малогабаритної мобільної розчинозмішувальної установки, обладнаної однопоршневим розчинонасосом конструкції ПолтНТУ, з удосконаленою конструкцією та параметрами. У дисертації викладені лише ті положення й рекомендації, що отримані автором особисто. Наведені висновки мають самостійний характер. З опублікованих у співавторстві наукових праць використані лише ті, в яких викладені положення, що належать саме автору.

Автором розроблено математичну модель процесу змішування сухих сипких компонентів будівельних сумішей шнековим змішувачем; досліджено сукупність явищ, що відбуваються під час руху робочого органа змішувача в сухих будівельних сумішах і розчинах за допомогою методів послідовних наближень; на основі законів динаміки обґрунтовані параметри силової взаємодії шнекового змішувача з будівельними розчинами різного складу та рухомості; досліджено роботу підшипників ковзання при взаємодії із середовищем, що змішується шнековим змішувачем; упроваджено у будівельне виробництво конструкцію мобільної розчинозмішувальної установки типу УРЗ-3,8 з однопоршневим розчинонасосом.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій у роботі забезпечено застосуванням законів класичної механіки, конкретністю постановки задач, обґрунтованістю використаних теоретичних досліджень, прийнятими допущеннями й обмеженнями, застосуванням відомих математичних методів, підтверджено проведенням достатньої кількості експериментальних досліджень у лабораторних та промислових умовах, що охоплюють в основному всі можливі режими роботи розчинозмішувальної установки, використанням сучасних методів вимірювань і статистичних методів оброблення результатів даних.

Апробація результатів дисертації. Основні положення й результати дисертаційної роботи доповідались та були схвалені в період 2005, 2006, 2007, 2008 рр. на наукових семінарах і науково-практичних конференціях викладачів, аспірантів та студентів ПолтНТУ; Всеукраїнській науково-технічній конференції „Транспорт. Дорожні та будівельні машини” (м. Кременчук, 2005 р.); Міжнародній науково-технічній конференції „Технические и экономические перспективы развития автотранспортного комплекса и дорожного строительства” (м. Харків, 2005 р.); Міжнародній науково-технічній конференції „Машиностроение и техносфера XXI века” (м. Севастополь, 2006 р.); науково-практичному семінарі „Зварювання та споріднені процеси у промисловості” (м. Київ, 2006 р.); Всеукраїнській конференції молодих вчених та спеціалістів „Надтверді, композиційні матеріали та покриття: отримання, властивості, застосування” (м. Київ, 2006 р.); Міжнародній науково-технічній конференції „Сталий розвиток гірничо-металургійної промисловості” (м. Кривий Ріг, 2006 р.); Всеукраїнській науково-технічній конференції „Комп’ютерна математика в інженерії, науці та освіті” (м. Полтава, 2007 р.). Об’єкт дослідження було експоновано на XI Міжрегіональній спеціалізованій будівельній виставці „ЕнергоДім” (м. Полтава, 2006 р.); V, VI Національних виставках високих технологій та конкурентоспроможної продукції „Укртехнологія” (м. Київ, 2006, 2007 рр.); VIII Міжрегіональній виставці „Полтава будівельна” (м. Полтава, 2007 р.). На мобільну розчинозмішувальну установку УРЗ-3,8 з однопоршневим розчинонасосом, обладнаним комбінованим компенсатором пульсації тиску, отримано 2 акти впровадження у будівельне виробництво.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 15 друкованих праць у фахових виданнях, у тому числі 2 журнальні статті, 8 статей у збірниках наукових праць, подано 5 заявок, за якими одержано 5 патентів України на корисні моделі.

Структура й обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 4-х розділів, висновків, 4-х додатків та списку використаних джерел у кількості 221-го найменування, містить 57 рисунків і 15 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтована актуальність теми дисертації, визначені мета дослідження, завдання і методи їх розв'язання, наукова новизна та практичне значення результатів роботи, подана інформація про їх апробацію й упровадження у виробничу практику.

У **першому розділі** „*Стан проблеми та завдання дослідження*” на основі аналізу існуючих конструктивних схем основних засобів малої механізації ручної праці в будівництві, типів робочих органів розчинозмішувачів і кінематичних схем останніх, запропоновано нову конструкцію малогабаритної розчинозмішувальної установки з розчинонасосом, обладнаним комбінованим компенсатором пульсації тиску, для приготування будівельних розчинів шляхом змішування.

У розвиток теорії та практики змішування, транспортування будівельних розчинів із вивченням їх властивостей до застосування в опоряджувальних роботах вагомий внесок зробили відомі вчені й інженери: В.О. Бауман, М.С. Болотських, Є.С. Болдаков, С.С. Добронравов, І.А. Ємельянова, Л.П. Камчатнов, К.М. Корольов, О.М. Лівінський, В.С. Ловейкін, О.Г. Маслов, С.Н. Михайлова, І.І. Назаренко, Л.В. Назаров, В.В. Нічке, О.Г. Онищенко, Є.П. Парфенов, К.П. Севров, В.Й. Сівко, В.Д. Топчій, В.Г. Трухан, В.У. Уст'янцев, Л.А. Хмара, В.Г. Шухов та інші.

Однак обґрунтування параметрів і режимів роботи мобільних розчинозмішувальних установок автором здійснюється вперше, що значною мірою доповнює існуючі дослідження цього напрямку. Після проведеного детального аналізу літературних джерел виявлено, що узагальненої методики розрахунку енергетичних характеристик змішувачів примусової дії не існує, тому дана дисертація присвячена роботі в напрямі її розроблення. При цьому забезпечено створення малогабаритної мобільно-універсальної розчинозмішувальної установки з новим простим та надійним однопоршневим розчинонасосом, в якій спрощена конструкція бункера змішувача за рахунок використання прогресивних підшипникових опор робочого органу, що можуть не виноситись за межі торцевих стінок. Збережена герметичність конструкції бункера протягом тривалого терміну експлуатації. Застосовані сучасні конструкційні матеріали з метою підвищення експлуатаційної надійності. Удосконалений привод, механічні передачі й конструкція робочого органу для підвищення ефективності змішування та зниження його енергоємності. Привод шнекового робочого органу установки здійснюється від цівкової передачі. Дана конструкція установки дозволяє відмовитись від недовговічних гумових торцевих ущільнень біля опор робочого органу, здійснювати приготування будівельної суміші, ефективно переміщувати її у напрямі камери-живильника розчинонасоса або затвора навіть при низькому рівні заповнення бункера. Окреслено коло завдань теоретичних та експериментальних досліджень.

У другому розділі „Теоретичні дослідження робочих процесів розчинозмішувальної установки, обладнаної розчинонасосом, для приготування та транспортування будівельних розчинів” уперше розроблено математичну модель процесу змішування суміші із сухих вхідних компонентів шнековим змішувачем; теоретично вивчено рух прямокутної пластини (імітує шнековий робочий орган) у будівельній суміші; оцінено сукупність явищ, що відбуваються під час змішування будівельних розчинів за допомогою коефіцієнта питомого опору руху k , кПа.

Використовуючи коміркову модель потоку частинок у змішувачі за замкненим контуром, замінюємо робочу поверхню шнекового робочого органа певною кількістю елементарних ділянок dS , що будуть відповідати k кількості комірок змішування з об’ємами dV . Кількість комірок, зайнятих у початковий момент часу компонентом Ц (цемент), пропорційна його частці в об’ємі суміші, тобто

$$\frac{k_{\text{Ц}}}{k} = \frac{V_{\text{Ц}}}{V}, \quad (1)$$

де $V_{\text{Ц}}$ – сумарний об’єм комірок, зайнятих компонентом Ц, м³; V – загальний об’єм суміші, м³.

Кількість переходів n компонента з однієї комірки до іншої є функцією часу. Сумарне значення цих імовірностей становитиме

$$\sum_{i=1}^{k_0} f_i(n) = 1, \quad (2)$$

де k_0 – кількість комірок, в які перемістився матеріал із комірки, що розглядалась.

Стан системи після n - переходу визначається за допомогою вектора стану $E(n)$. Його координатами буде ймовірність знаходження ключового компонента в елементарному об’ємі після n - переходу. Для оцінки вектора $E(n)$ застосовують співвідношення

$$\begin{aligned} E(1) &= E(0)P_1; \\ E(2) &= E(1)P_2; \\ &\dots\dots\dots \\ E(n) &= E(n-1)P_n, \end{aligned} \quad (3)$$

де P_n – матриця ймовірностей переходу; $E(0)$ – вектор початкового стану системи, координати якого дорівнюють імовірностям знаходження ключового компонента (при $n = 0$) відповідно в першому, другому і т.д. елементарних об’ємах.

Вектор початкового стану системи

$$E(0) = E[f_1(0); \dots; f_{k_{\text{Ц}}}(0); 0; 0; \dots; 0], \quad (4)$$

де $f_1(0); \dots; f_{k_{\text{Ц}}}(0); 0; 0; \dots; 0$ – ймовірності знаходження компонента Ц у комірках системи у початковий момент часу $t = 0$.

Імовірність знаходження компонента Ц у початковий момент часу в одній із комірок $k_{\text{Ц}}$

$$f_i(0) = \frac{V_i}{V_{\text{Ц}}}, \quad (5)$$

де V_i – об’єм компонента Π в i -тій комірці, тобто $V_i = dV$.

Об’єм суміші dV (рис.1, а), що захоплюється елементарною ділянкою шнека dS (рис.1, б), визначається за наступною залежністю

$$dV = \frac{h_{zл} (R_2^2 - R_1^2) dS d\varphi}{2\pi \left[R_2 \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{h_{zл}}{2\pi}\right)^2} - R_1 \sqrt{R_1^2 + \left(\frac{h_{zл}}{2\pi}\right)^2} + \left(\frac{h_{zл}}{2\pi}\right)^2 \ln \frac{R_2 + \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{h_{zл}}{2\pi}\right)^2}}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + \left(\frac{h_{zл}}{2\pi}\right)^2}} \right]}, \quad (6)$$

де $h_{zл}$ – крок гвинтової лінії шнека, м; R_2, R_1 – зовнішній та внутрішній радіуси шнека, м; dS – площа елементарної ділянки шнека, м²; $d\varphi$ – кут, що відповідає елементарній ділянці, град.

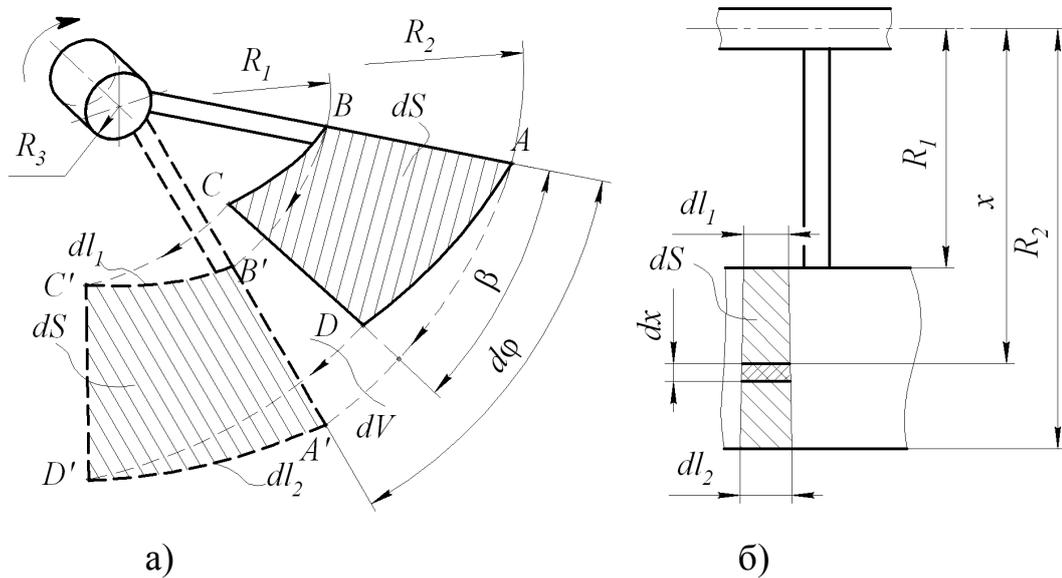


Рис.1. Елементарна ділянка шнекового робочого органа:
а – елементарний об’єм dV ; б – елементарна ділянка dS

Площа елементарної ділянки шнека dS визначається таким рівнянням:

$$dS = \frac{\beta}{2} \left[R_2 \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{h_{zл}}{2\pi}\right)^2} - R_1 \sqrt{R_1^2 + \left(\frac{h_{zл}}{2\pi}\right)^2} + \left(\frac{h_{zл}}{2\pi}\right)^2 \ln \frac{R_2 + \sqrt{R_2^2 + \left(\frac{h_{zл}}{2\pi}\right)^2}}{R_1 + \sqrt{R_1^2 + \left(\frac{h_{zл}}{2\pi}\right)^2}} \right], \quad (7)$$

β – кут, який відповідає крокові гвинтової лінії, град.

Імовірності переходів будуть визначатись за наступними формулами:

$$P_{i(i+1)} = \frac{V_{i(i+1)}^n}{V_i^{(n-1)}}; \quad P_{i(i-1)} = \frac{V_{i(i-1)}^n}{V_i^{(n-1)}}; \quad P_{ii} = 1 - P_{i(i-1)} - P_{i(i+1)}, \quad (8)$$

де $V_{i(i+1)}^n, V_{i(i-1)}^n$ – об’єм матеріалу, що перемістився з i -ої комірки до сусідніх $(i+1)$ та $(i-1)$ комірок змішування, м³.

Якщо вважати кожную комірку пробою, то вся суміш у бункері змішувача в будь-який момент часу може бути оцінена за допомогою коефіцієнта неоднорідності, %,

$$K_{\text{var}} = \frac{100}{c} \sqrt{\frac{1}{k-1} \sum_{i=1}^k (c_i - \bar{c})^2}, \quad (9)$$

де \bar{c} – середнє арифметичне значення концентрації ключового компонента в усіх k пробах суміші, %; c – концентрація ключового компонента в i -тій пробі суміші, %.

Попереду пластини, що рухається в сухих сипких компонентах будівельної суміші, можливе утворення нерухомої зони, розміри якої залежать від кута встановлення α та швидкості руху пластини. Зона ущільнення сипкого матеріалу, котра виникає перед пластиною, під час руху в ньому пластини, що імітує шнековий робочий орган, з урахуванням характеру її форми та напрямку розподілу може призводити до переміщення частинок матеріалу, віддалених від пластини у різні сторони від фронту поширення тисків. Енергія потоку витрачається на потенційну енергію ущільнення (чим більша ця енергія, тим більше ущільнення).

Під час обертання привод шнекового змішувача зазнає опору від середовища, що змішується. Виділимо на цьому робочому органі елементарну поверхню розмірами $db \times dr$ (рис.2). Площа елементарної ділянки dS у цьому випадку становитиме

$$dS = db \cdot dr. \quad (10)$$

Сила опору dF , кН, що діє на елементарну ділянку,

$$dF = k \cdot dS, \quad (11)$$

де k – питомий опір руху, кПа.

Елементарний момент сил опору dM , Н·м,

$$dM = dF \cdot r = k \cdot dS. \quad (12)$$

Повний момент M , Н·м, від усіх елементарних сил опорів з урахуванням кронштейнів

$$M = k \cdot \left(\int_{r_1}^{r_2} dS + \int_{r_6}^{r_1} dS_{\kappa} \right) = \frac{k}{2} \cdot [b_c \cdot (r_2^2 - r_1^2) + b_{\kappa} \cdot (r_1^2 - r_6^2)], \quad (13)$$

де r_1 , r_2 – внутрішній та зовнішній радіуси стрічки змішувача відповідно, м; r_6 – радіус вала, м; b_c – розгорнута довжина стрічки, м; b_{κ} – ширина кронштейна, м.

Потужність P , Вт, яка витрачається на змішування будівельного розчину шнековим змішувачем із кутом нахилу гвинтової лінії α , град., та кронштейнами, становитиме

$$P = M \cdot \omega = \frac{M \cdot \pi \cdot n}{30} = \frac{\pi \cdot k \cdot n \cdot \varphi}{60} \cdot [b_c \cdot (r_2^2 - r_1^2) + b_{\kappa} \cdot (r_1^2 - r_6^2) \cdot z] \cdot \cos \alpha, \quad (14)$$

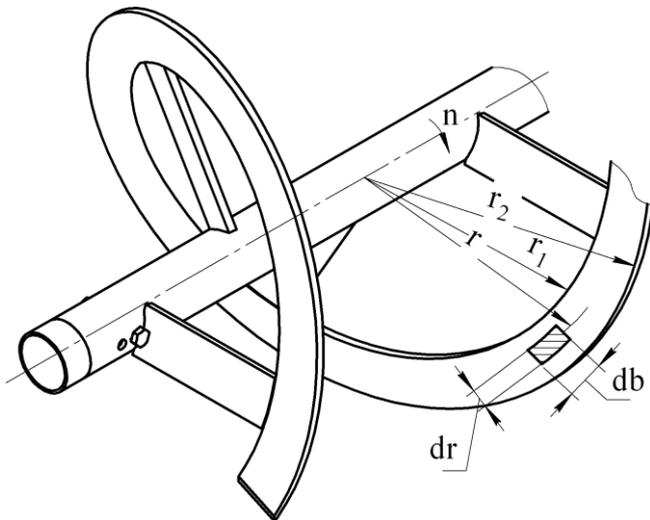


Рис.2. Розрахункова схема до визначення сили опору dF , що діє на елементарну ділянку шнекового змішувача

де ω – кутова швидкість обертання вала, рад/с; n – частота обертання вала, об/хв.; φ – коефіцієнт наповнення бункера розчином; α – кут нахилу гвинтової лінії змішувача, град; z – кількість кронштейнів.

У формулі (14), що пропонується для визначення корисної потужності циклічного розчинозмішувального обладнання примусової дії зі шнековим змішувачем, усі величини оцінюються геометрією робочого органа та швидкістю обертання. Єдиний дослідний коефіцієнт k визначається залежно від складу розчину, швидкості й геометрії руху робочого органа, а також коефіцієнта наповнення φ бункера розчином.

У третьому розділі „Експериментальні дослідження робочих процесів розчинозмішувальної установки” подані результати експериментальних досліджень для підтвердження адекватності математичної моделі змішування, достовірності запропонованих теоретичних залежностей, визначення та обґрунтування раціональних конструктивних параметрів і режимів роботи шнекового змішувача розчинозмішувальної установки.

Розрахована за математичною моделлю залежність коефіцієнта неоднорідності K_{var} , %, від часу змішування t , с, для модельної суміші, що розглядалась, та експериментальні значення коефіцієнта неоднорідності наведені на рис. 3.

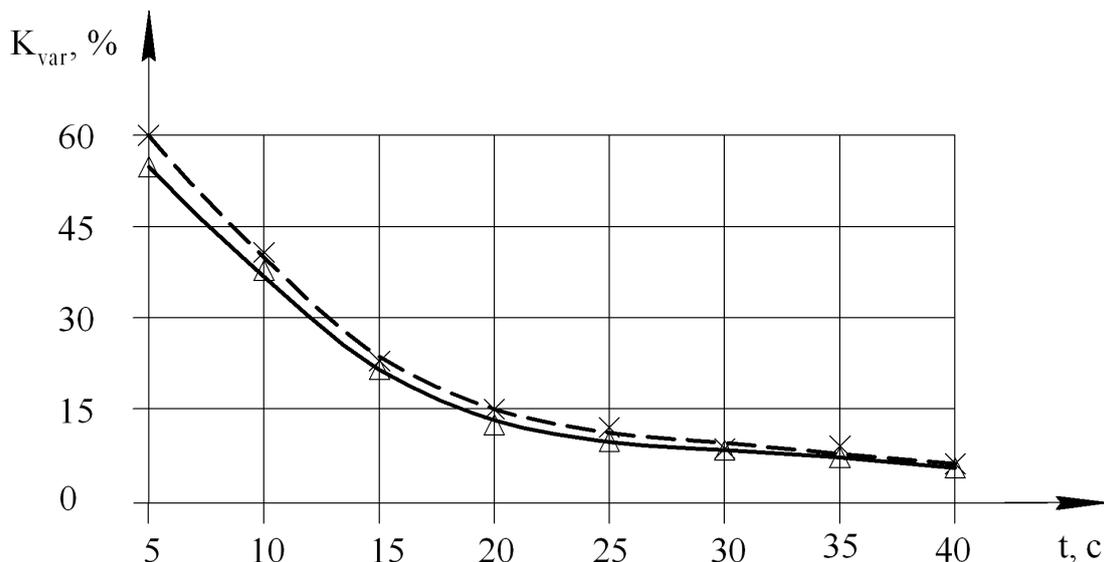


Рис. 3. Зміна однорідності суміші із часом: — — — — — експериментальна залежність; — — — — — залежність, отримана за математичною моделлю

За математичною моделлю (рис. 3) маємо час більший для отримання суміші заданої однорідності порівняно з експериментальним часом для забезпечення гарантованої якості суміші. Похибка розрахункових та експериментальних значень не перевищує 10%, отже, математична модель є адекватною.

Для детального вивчення процесу змішування будівельних сумішей було виготовлено дослідний стенд (рис. 4). Він складається з бака 1 прямокутної форми; закріплених на ньому електродвигуна 2, підключеного до електричної мережі за допомогою перетворювача частоти струму ACS 300, та напрямної 3, яку можливо демонтувати під час завантаження чи розвантаження бака. За допомогою троса 4 по напрямній рухається каретка 5. Трос намотується на барабан 6, що обертається від електродвигуна. На каретці 5 змонтована пластина 7 із поворотно-фіксуючим пристроєм

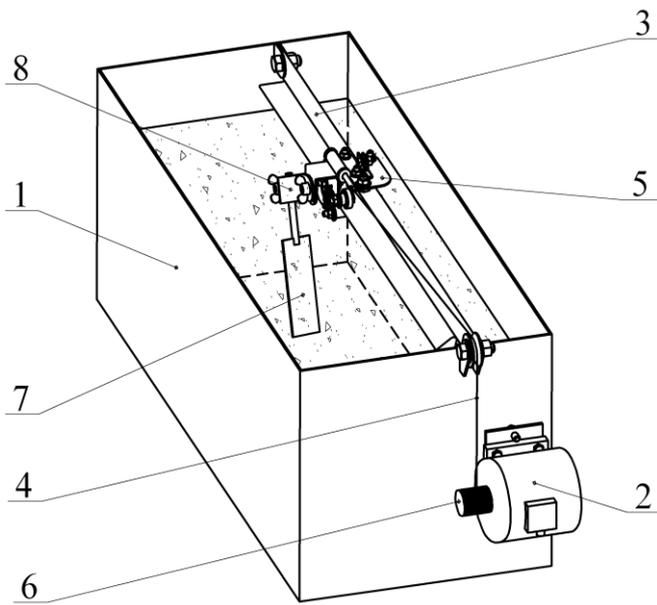


Рис. 4. Дослідний стенд для вивчення руху пластини в сухій сипкій суміші та будівельному розчині:

1 – бак; 2 – електродвигун; 3 – напрямна; 4 – трос; 5 – каретка; 6 – барабан; 7 – пластина; 8 – поворотно-фіксуєчий пристрій

Також на дослідному стенді (рис. 4) проведено серію досліджень із вивчення характеру руху прямокутної пластини не лише в сухій сипкій будівельній суміші, але й у будівельному розчині. Під час руху пластини у даному випадку помічено виникнення так званої зони збудження, що складається із трьох характерних ділянок. Перша ділянка, котра безпосередньо прилягає до пластини, друга – малорухома і третя, в якій спостерігається достатня швидкість переміщення частинок. Розміри профілю зони збудження залежать від розмірів пластини, швидкості її руху, а також рухомості розчину. Форма зони збудження та співвідношення розмірів її ділянок залежать від кута встановлення пластини α , складу розчинної суміші й рухомості.

Дослідження впливу фізико-механічних властивостей будівельних розчинів, кінематичних параметрів, коефіцієнта наповнення та геометрії розчинозмішувальної установки на витрати потужності здійснювалось за допомогою дослідного стенда, зображеного на рис. 5.

До складу дослідного стенду (рис. 5) входять: шнековий змішувач 1 універсальної розчинозмішувальної установки із цівковою передачею 2, черв'ячним редуктором 3, муфтою 4 та електричним двигуном 5 типу АІР90L4 потужністю 2,2 кВт; комп'ютер 7 (AMD Athlon XP 1800+ 1153 МГц, 768 МБ ОЗУ), з'єднаний з універсальним двоканальним USB-осцилографом 6 із функцією самописця, який у свою чергу підключено до ланцюга живлення електричного двигуна 5; ТС – вимірювальний трансформатор струму; ACS 300 – частотний регулятор 8 для зміни частоти обертання робочого органа змішувача; амперметр А; діодний місток VDI-VD4; електролітичний конденсатор С; два резистори R1 та R2.

Вимірювання потужності здійснювали на кожній позиції з потрібним повторюванням. На рис. 6 наведена інтерпольована діаграма споживаної потужності привода шнекового змішувача під час приготування будівельного розчину.

8, за допомогою якого встановлюється потрібний кут нахилу лопатки до напрямку руху. Діапазон швидкостей при проведенні експериментів склав від 0,5 до 2,0 м/с.

Бак 1 розділявся перегородкою на дві частини однакового об'єму, в одну з яких завантажувався звичайний пісок (світлий компонент П), а в іншу – пофарбований пісок (темний компонент Ц). Після закінчення завантаження перегородка видалялася, а в компонент Ц поміщалася пластина. Унаслідок пошарового зняття матеріалу в горизонтальній площині була зафіксована поява перед пластиною (під час її руху в шарі сипкого матеріалу) нерухомої зони. Її форму в першому наближенні можна визначити як трикутну. Геометричні розміри даної зони визначаються кутом тертя спокою компонента Ц (φ_{cn}), кутом установлення пластини (α) та її шириною (b).

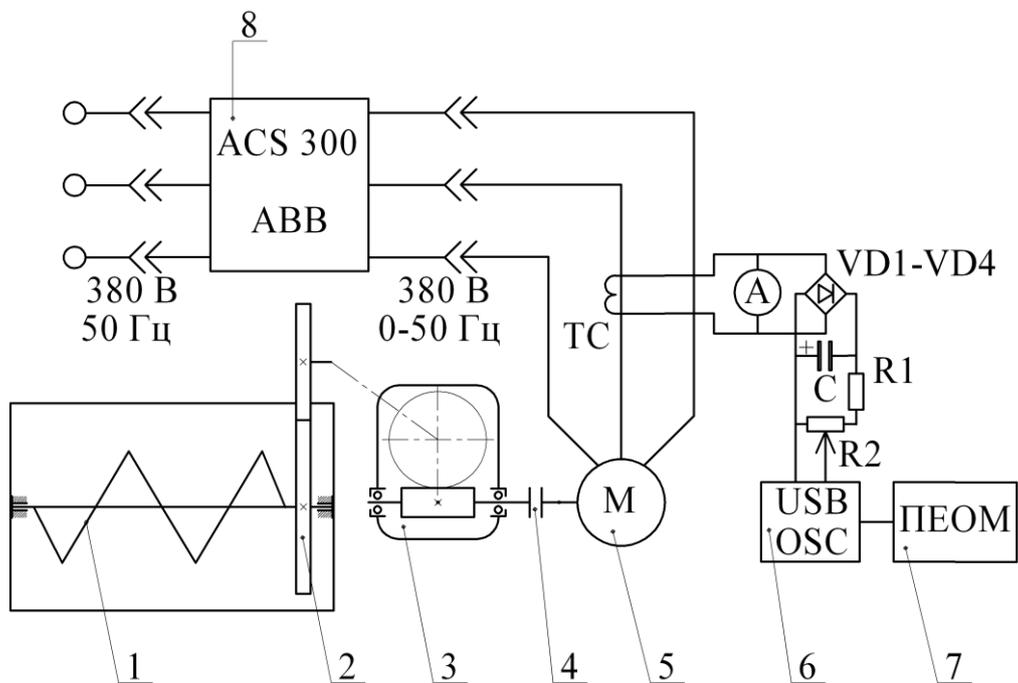


Рис. 5. Дослідний стенд для визначення споживаної потужності шнековим змішувачем: 1 – шнековий змішувач; 2 – цівкова передача; 3 – редуктор; 4 – муфта; 5 – електродвигун; 6 – осцилограф-самописець; 7 – комп'ютер; 8 – перетворювач частоти струму ACS 300

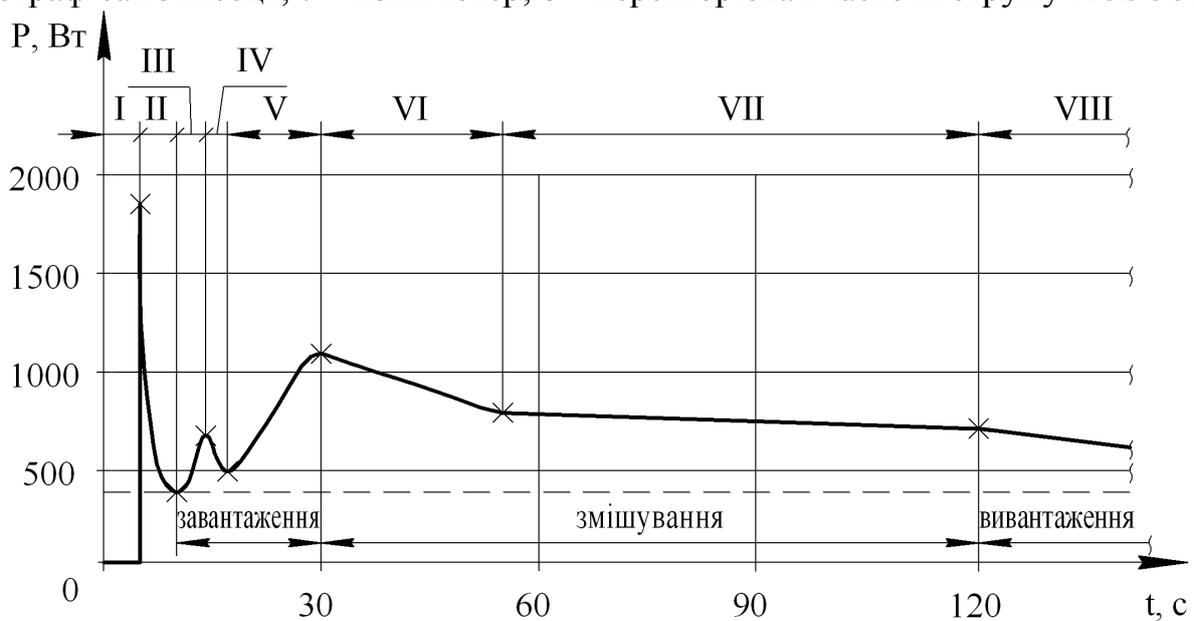


Рис. 6. Інтерпольована діаграма споживаної потужності привода шнекового змішувача під час приготування цементно-піщаного розчину (склад 1:5, рухомість 6 см, $\varphi = 1$, $n = 40$ об/хв.)

Аналізуючи діаграму, зображену на рис. 6, можемо виділити вісім характерних ділянок, що відповідають циклу приготування будівельного розчину, а саме: I – запуск змішувача ($P_{\max}^I = 1824$ Вт, $t_I = 5$ с); II – холостий хід ($P_{xx}^{II} = 380$ Вт, $t_{II} = 5$ с); III – завантаження в'язучого ($P_{\max}^{III} = 646$ Вт, $t_{III} = 4$ с); IV – додавання води ($P_{\min}^{IV} = 494$ Вт, $t_{IV} = 3$ с); V – додавання заповнювача ($P_{\max}^V = 1064$ Вт, $t_V = 13$ с); VI – незрівноважений (несталий) режим змішування ($P_c^{VI} = 986$ Вт, $t_{VI} = 25$ с); VII – зрівноважений (сталий) режим змішування ($P_c^{VII} = 750$ Вт, $t_{VII} = 65$ с); VIII – вивантаження розчину ($P_{\min}^{VIII} = P_{xx}^{II} = 380$ Вт).

Для прогнозування величини споживаної потужності приводом шнекового змішувача проведений багатofакторний аналіз числових значень потужності P , Вт, виміряної під час змішування цементно-піщаного розчину складу 1:3 (рис. 7). Була встановлена така функціональна залежність:

$$P = 27,5 + 10,75 \cdot n + 40,33 \cdot \varphi + 2,40 \cdot V_p + 4,23 \cdot n \cdot \varphi - 0,45 \cdot n \cdot V_p, \quad (15)$$

де n – частота обертання шнекового змішувача, об/хв.; φ – коефіцієнт наповнення бункера будівельним розчином; V_p – рухомість будівельного розчину, см.

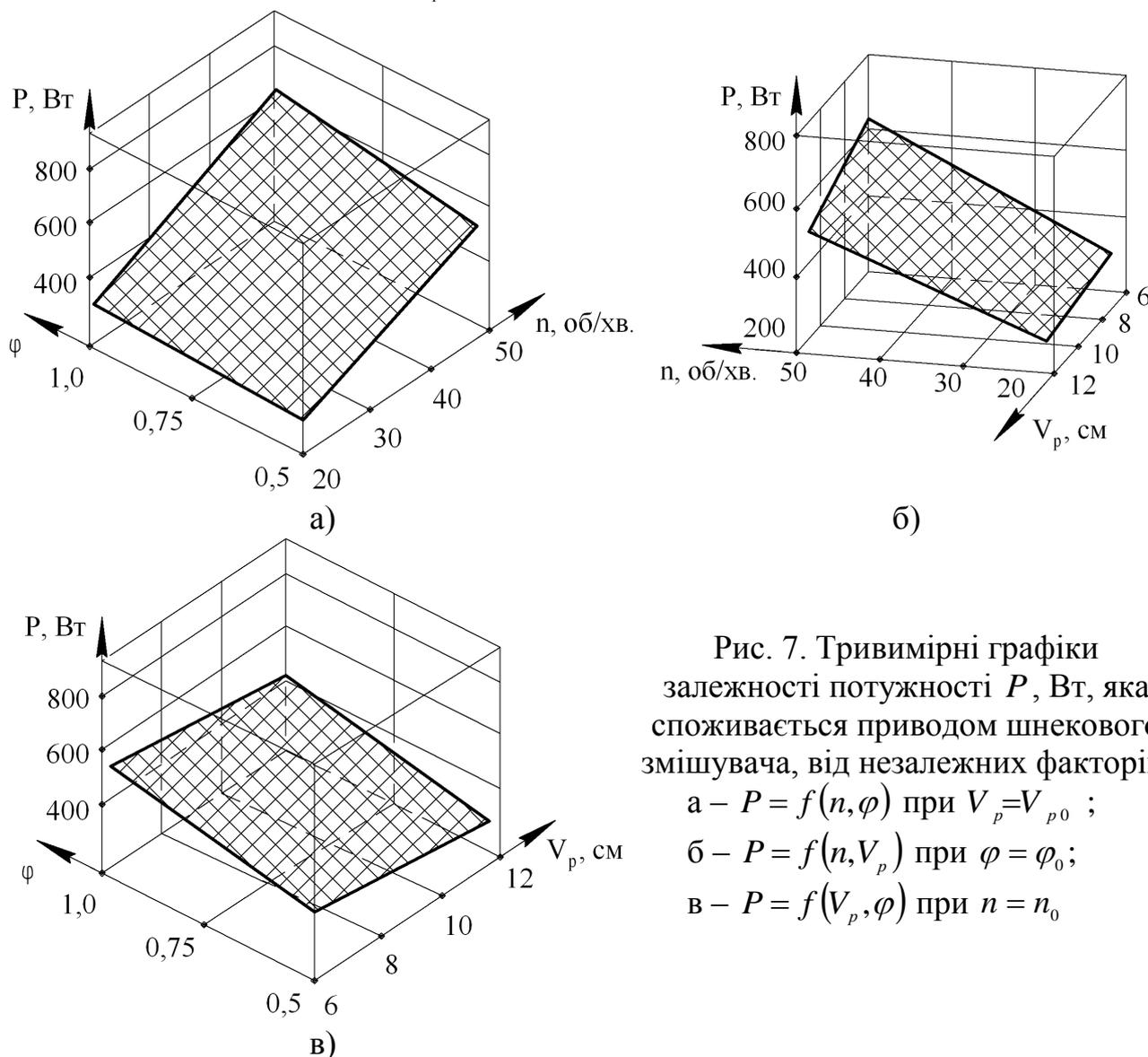


Рис. 7. Тривимірні графіки залежності потужності P , Вт, яка споживається приводом шнекового змішувача, від незалежних факторів:
 а – $P = f(n, \varphi)$ при $V_p = V_{p0}$;
 б – $P = f(n, V_p)$ при $\varphi = \varphi_0$;
 в – $P = f(V_p, \varphi)$ при $n = n_0$

Проведені вимірювання споживаної потужності та розраховані значення коефіцієнта питомого опору руху k , кПа, дають його конкретні величини для різних розчинів за складом, рухомістю, частотою обертання робочого органа й коефіцієнта наповнення бункера. Значення коефіцієнта питомого опору руху k , кПа, при вимірюваннях споживаної потужності визначалось за виведеною автором формулою

$$k = \frac{60 \cdot (P_g - P_{xx})}{[b_c \cdot (r_2^2 - r_1^2) + b_k \cdot (r_1^2 - r_g^2) \cdot z] \cdot \cos \alpha \cdot \pi \cdot n \cdot \varphi}, \quad (16)$$

де P_g – значення виміряної потужності, кВт; P_{xx} – потужність, що споживається під час холостого ходу, кВт; b_c – розгорнута довжина стрічки, м; r_2, r_1 – зовнішній та внутрішній

радіуси змішувача, м; b_k – ширина кронштейна, м; r_e – радіус вала, м; z – кількість кронштейнів; α – кут нахилу гвинтової лінії змішувача, град.; n – частота обертання вала, об/хв.; φ – коефіцієнт наповнення бункера розчином.

Шнековим змішувачем готувались будівельні розчинні суміші різних складів і рухомостей. Розрахункові значення коефіцієнта питомого опору руху брались за максимальним значенням, тобто при змішуванні цементно-піщаного розчину (1:5, 6 см) при несталому режимі. За результатами експериментів для цього випадку максимальна корисна потужність змішування становила 684 Вт, при якій $k_{\max} = 35$ кПа.

У четвертому розділі „Упровадження результатів дослідження у будівельне виробництво” на основі вищенаведених теоретичних та експериментальних досліджень запропонована і створена нова конструкція мобільної розчинозмішувальної установки (рис. 8) зі шнековим змішувачем, що має привод від цівкової передачі. Установка обладнана однопоршневим розчинонасосом РН-3,8 конструкції ПолтНТУ. Використання даної конструкції дозволяє комплексно механізувати процес проведення опоряджувальних робіт від приготування будівельної суміші до безкомпресорного соплування на оброблювані поверхні.

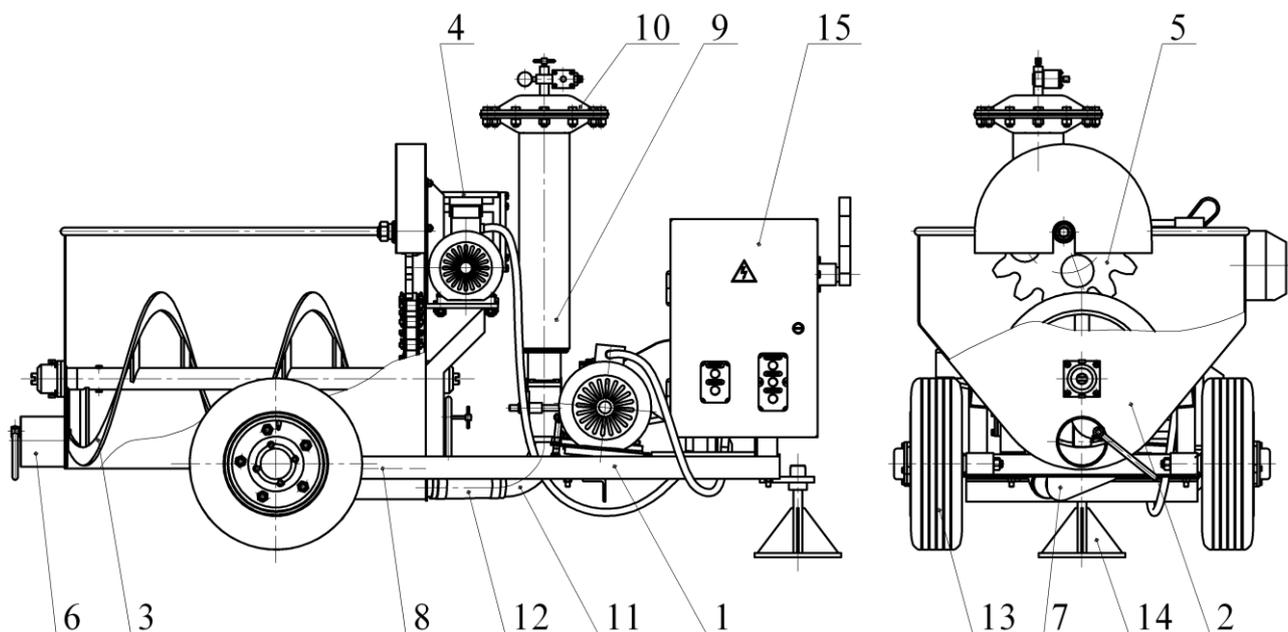


Рис. 8. Мобільна розчинозмішувальна установка УРЗ-3,8:

1 – рама; 2 – бункер; 3 – змішувач; 4 – черв'ячний редуктор; 5 – цівкова передача; 6 – затвор; 7– камера-живильник; 8 – проціджувальна решітка; 9 – розчинонасос; 10 – комбінований компенсатор пульсації тиску; 11 – всмоктувальний патрубок; 12 – гумотканинний рукав; 13 – пневматичні шини; 14 – підставка; 15 – електрошафа

На рамі 1 установки закріплений бункер 2 з механічним шнековим змішувачем 3. Реверсивний привод змішувача містить електродвигун із пружнопальцевою муфтою, черв'ячний редуктор 4 і цівкову передачу 5. Наявність останньої суттєво відрізняє дану конструкцію від існуючих аналогів. На задньому торці бункера змішувача передбачений затвор 6 оригінальної конструкції, призначений для видачі розчинів у спеціальну тару. Також можливе транспортування розчинів гумотканинним розчинопроводом до місць використання за допомогою однопоршневого розчинонасоса 9. У передній частині днища бункера 2 закріплена камера-живильник 7 із проціджувальною решіткою 8. На рамі 1 змонтований однопоршневий розчинонасос 9 із максимальним тиском подачі

розчину 2,5 МПа, обладнаний комбінованим компенсатором пульсації тиску 10. Усмоктувальний патрубок 11 розчинонасоса за допомогою рукава 12 з'єднаний із патрубком камери-живильника. Рама установки являє собою зварну конструкцію з кутиків, що змонтована на двох пневматичних шинах 13 і під час роботи спирається на підставку 14.

Також у даному розділі запропонована науково обґрунтована методика розрахунку раціональних конструктивних параметрів бункера та шнекового змішувача. На її підставі розроблена технічна документація на мобільну розчинозмішувальну установку УРЗ-3,8. Подані рекомендації з подальшого вдосконалювання розчинозмішувальної установки.

У результаті виробничих випробувань на базі ВАТ „Полтавтрансбуд” (м. Полтава) та ВАТ „Домобудівний комбінат №3” (м. Київ) цілком підтверджена своєчасність виконаних досліджень розчинозмішувальної установки зі шнековим змішувачем, а також доцільність застосування цівкової передачі у складі її привода. Вона забезпечує підвищену герметичність та спрощення конструкції бункера, а також інтенсифікує процес змішування.

Ефективне змішування шнековим робочим органом, однорідність кінцевої будівельної суміші, добра роботоздатність цівкової передачі у приводі змішувача й регульованих кінчних підшипників ковзання у будівельному розчині, герметичність конструкції бункера змішувача, мобільність установки в межах будівельного майданчика, висока всмоктувальна здатність розчинонасоса та відсутність явища „зависання” кульки при перекачуванні густих розчинів, низький рівень пульсації тиску, відсутність поштовхів, ударів і відчутних вібрацій дозволили підвищити продуктивність праці, зменшити витрати розчину, підвищити якість штукатурного шару. За результатами виробничих випробувань мобільна розчинозмішувальна установка УРЗ-3,8 з однопоршневим розчинонасосом була рекомендована для виготовлення дослідної партії.

ВИСНОВКИ

1 Аналіз літературних джерел показав, що на даний час в Україні взагалі не випускаються малогабаритні мобільні розчинозмішувальні установки з розчинонасосами з комбінованими компенсаторами пульсації тиску для приготування і транспортування будівельних розчинів по трубопроводах до місць використання, особливо під час зведення будинків і споруд у сільській місцевості, котеджів та ін. Тому постановка автором дисертації цього завдання є досить своєчасною й актуальною. У процесі створення ефективної розчинозмішувальної установки, обладнаної однозахідним шнековим робочим органом і розчинонасосом, проведено цикл теоретичних й експериментальних досліджень для обґрунтування її параметрів.

2 Розроблена математична модель процесу змішування розчинної суміші із сухих компонентів – піску та в'язучого. У роботі запропоновано в одновальному шнековому змішувачі враховувати цілеспрямований перерозподіл частинок суміші всередині бункера за рахунок робочого органа. На основі цього забезпечити опис зміни концентрації ключового компонента. Під час моделювання процесу змішування використана коміркова модель потоку частинок у змішувачі. Оцінювання якості за моделлю запропоновано здійснювати за допомогою коефіцієнта неоднорідності K_{var} , %, і при найбільш несприятливому способі завантаження компонентів (послідовний нерівномірний).

Похибка теоретичних та експериментальних значень не перевищує 10%, що свідчить про те, що математична модель є адекватною.

3 Проведені теоретичні й серія експериментальних досліджень на стенді, в якому виконувався рух прямокутної пластини в сухій будівельній суміші та будівельному розчині, що створювало умови роботи шнека у змішувачі.

3.1 При цьому виявлено, що косе обтікання пластини, яка рухається в сухій сипкій будівельній суміші, складається з двох частин: уздовж пластини й перпендикулярно до неї. При невеликих значеннях кута α , град., установлення пластини на ній у горизонтальній площині спостерігається нерухома зона. При збільшенні кута α в межах $\varphi_{cm} \leq \alpha < \varphi_{cn}$ спостерігається складний рух – із границями чотирикутної зони та всередині неї. Подальше збільшення кута α призводить до поступового зникнення нерухомої зони.

3.2 Під час руху пластини в будівельному розчині виникає так звана зона збудження. Вона складається із трьох характерних зон: нерухомої, малорухомої та рухомої. Розміри, форма й співвідношення розмірів цих зон залежать від розмірів пластини, швидкості її руху, рухомості будівельного розчину, кута встановлення α , а також складу розчинної суміші. Так, при швидкості від 1,5 м/с ширина зони збудження зростає повільніше, ніж при менших швидкостях. Зі зниженням рухомості розчинної суміші темпи зростання ширини зони збудження також зменшуються.

4. Оцінений вплив фізико-механічних властивостей будівельних розчинів, кінематичних параметрів, зокрема частоти обертання та швидкості руху робочого органа, коефіцієнта наповнення й геометрії змішувача на витрати потужності.

4.1 Змішування цементно-піщаних розчинів є більш енергоємним процесом, ніж вапняно-піщаних, на 15–20%.

4.2 Крупність зерен заповнювача в межах, придатних для будівельних розчинів, суттєвого значення не має, але під час змішування на більш крупних пісках споживана потужність більша. У зоні швидкостей 0,6...1,5 м/с потужність змінюється пропорційно першому ступеню частоти обертання робочого органа, а також знаходиться в прямій залежності від коефіцієнта наповнення бункера φ . Суттєвого самостійного впливу на рівень споживаної потужності при змішуванні довжина бункера змішувача та радіус його днища не мають. Зі збільшенням середнього радіуса шнека потужність зростає, причому було виявлено межі переходу від прямо пропорційної залежності до квадратичної.

5 Шнековий змішувач забезпечує високу якість змішування будівельних розчинів.

5.1 Зі збільшенням частоти обертання шнека змішувача якість змішування підвищується, що підтверджується не лише значеннями коефіцієнта ε_{cp} , %, а також випробуваннями зразків-кубів із розчину на стиск.

5.2 Виявлено існування граничної частоти обертання шнека – 40 об/хв., а оптимальний час змішування становить 90 с.

6 Запропонований спосіб оцінювання сукупності складних явищ, пов'язаних з опорами під час обертання шнека у робочому середовищі, за допомогою коефіцієнта питомого опору руху k , кПа, шнека в розчині. Цей коефіцієнт оцінює ефективне напруження, яке необхідно створити для незворотного змішування суміші. Його максимальне значення виявлено під час несталого режиму змішування цементно-піщаного розчину (1:5, 6 см) і становить $k_{max} = 35$ кПа.

7 Проведено фізичне моделювання роботи конічного підшипника ковзання мобільної розчинозмішувальної установки та отримані математичні залежності в процесі його взаємодії з будівельним розчином.

7.1 Під час роботи шнека підшипники ковзання піддаються впливу частинок компонентів розчинної суміші та зазнають абразивного зносу, величина якого залежить від радіального й осьового навантажень на опору (F_a, F_r). При збільшенні рухомості розчину вдвічі величина осьового навантаження зменшується у 2,5–3 рази залежно від типу розчину.

7.2 Кут при вершині конуса вставки та цапфи підшипника ковзання, що дорівнює 40° , забезпечує найбільш оптимальне співвідношення радіального й осьового навантажень. Це призводить до зменшення величини зношування підшипника в цілому, а також дозволяє здійснювати його регулювання після тривалої експлуатації і часткового спрацювання поверхонь тертя цапфи і вставки. Остаточне значення ресурсу конічного підшипника ковзання при найбільш несприятливих режимах роботи становить 3500 годин.

8 Розроблено методику розрахунку основних геометричних, конструктивних і технічних параметрів розчинозмішувальної установки зі шнековим змішувачем, що забезпечує високу якість змішування та зниження енергоємності.

9 На основі результатів проведених досліджень створена й упроваджена в будівельне виробництво та навчальний процес мобільна малогабаритна універсальна розчинозмішувальна установка з приводом шнекового змішувача від цівкової передачі з однопоршневим розчинонасосом і конічними підшипниками ковзання, що регулюються.

10 Річний економічний ефект від упровадження створеної автором мобільної розчинозмішувальної установки УРЗ-3,8 з однопоршневим розчинонасосом у будівельне виробництво порівняно з використанням штукатурно-змішувального агрегату закордонного виробництва SP11EMB фірми „Putzmeister” (Німеччина) у цінах 2007 року становить 43622,93 грн. на одну установку.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Онищенко О.Г. Розчинозмішувальна установка УРЗ-04 / *О.Г. Онищенко, С.В. Попов, В.У. Уст'янцев* // Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування, будівництво) / Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава: ПолтНТУ, 2005. – Вип. 15. – С.3–7. (*Запропонована конструкція привода шнекового змішувача від цівкової передачі з метою спрощення конструкції бункера змішувача та підвищення його герметичності*).

2. Онищенко О.Г. Регульовані конічні підшипники ковзання мобільної розчинозмішувальної установки УРЗ-3,8 / *О.Г. Онищенко, С.В. Попов* // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2005. – №6/1 (18). – С. 45–47. (*Запропоновано спосіб підвищення експлуатаційної довговічності підшипника*).

3. Онищенко А.Г. Новые машины для механизации отделочных работ в строительстве / *А.Г. Онищенко, А.В. Васильев, С.В. Попов* // Строительные и дорожные машины. – 2006. – №1. – С.7–9. (*Розроблення конструкції мобільної універсальної розчинозмішувальної установки УРЗ-3,8 з однопоршневим розчинонасосом*).

4. Онищенко О.Г. Профіль зірочки цівкової передачі розчинозмішувальної установки УРЗ-04 / *О.Г. Онищенко, С.В. Попов* // Вісник Кременчуцького державного

політехнічного університету. – Кременчук: КДПУ, 2006. – Вип. 2 (37), ч. 1. – С.112–115. *(Проведено теоретичні розрахунки геометричних параметрів епіциклоїдального цівкового зачеплення шнекового змішувача, що працює в середовищі будівельної суміші).*

5. Попов С.В. Теоретичні дослідження насоса універсальної розчинозмішувальної установки УРЗ-3,8 / *С.В. Попов* // Вісник Криворізького технічного університету. – Кривий Ріг: КТУ, 2006. – Вип. 2(12). – С.105–110.

6. Попов С.В. Розрахунок конічних підшипників ковзання розчинозмішувальної установки УРЗ-3,8 на знос / *С.В. Попов* // Міжнародний збірник наукових праць (Прогресивні технології і системи машинобудування) / Дон. нац. техн. ун-т. – Донецьк: ДонНТУ, 2006. – Вип. 32. – С. 179–184.

7. Онищенко О.Г. Підвищення зносостійкості поверхонь твердосплавним порошком ПГ-10Н-01 / *О.Г. Онищенко, С.В. Попов, Г.С. Зінов'єв* // Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування, будівництво) / Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – Полтава: ПолтНТУ, 2006. – Вип. 18. – С.13–18. *(Розроблена конструкція дослідного стенда для вивчення характеру взаємодії підшипникових опор шнекового змішувача з розчинною сумішшю).*

8. Онищенко О.Г. Перспективи використання розчинозмішувальної установки УРЗ-3,8 на будівельних майданчиках України / *О.Г. Онищенко, К.М. Ващенко, С.В. Попов* // Современные проблемы строительства. – Донецьк: Донецкий ПромстройНИИпроект, 2007. – С.138–144. *(Досліджений процес приготування розчинних сумішей в умовах будівельного майданчика із сухих вхідних компонентів).*

9. 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. *(Запропонована оригінальна методика визначення масової кількості компонентів у пробі розчинної суміші).*

10. Попов С.В. Визначення потужності під час роботи розчинозмішувальної установки зі шнековим робочим органом / *С.В. Попов* // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського. – Кременчук: КДПУ, 2007.– Вип. 6(47), ч. 1. – С.118–122.

11. Пат. 8165 Україна, МПК⁷ F 04 В 43/08. Розчинонасос / *Онищенко О.Г., Попов С.В., Васильєв А.В., Уст'янець В.У.*; заявник і патентовласник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – № и 2005 00846; заявл. 31.01.05; опубл. 15.07.05, Бюл. № 7. *(Розроблена конструкція спеціальної фасонної вставки для підвищення всмоктувальної здатності та об'ємного ККД розчинонасоса).*

12. Пат. 15436 Україна. МПК (2006) E 04 G 21/04. Конічний підшипник ковзання / *Онищенко О.Г., Попов С.В.*; заявник і патентовласник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – № а 2005 11691; заявл. 08.12.2005; опубл. 17.07.06, Бюл. № 7. *(Запропоновано підвищити працездатність підшипника за рахунок регулювання вильоту конічної цапфи).*

13. Пат. 16359 Україна. МПК (2006) F 16 L 51/00. Форсунка / *Онищенко О.Г., Попов С.В.*; заявник і патентовласник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – № и 2005

12056; заявл. 15.12.05; опубл. 15.08.06, Бюл. № 8. (*Запропонований спосіб регулювання вихідної щільності форсунки*).

14. Пат. 24778 Україна. МПК (2006) E 04 G 21/04. Підшипник / *Онищенко О.Г., Зінов'єв Г.С., Попов С.В.*; заявник і патентовласник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – № у 2007 03179; заявл. 26.03.2007; опубл. 10.07.2007, Бюл. №10. (*Запропоновано конструкцію розрізних оболонок, що перешкоджають доступу абразиву розчинної суміші до деталей тертя підшипника*).

15. Пат. 29391 Україна. МПК (2006) E 04 G 21/04. Установа для приготування і транспортування будівельних розчинів / *Онищенко О.Г., Попов С.В.*; заявник і патентовласник Полтав. нац. техн. ун-т ім. Ю. Кондратюка. – № у 2007 10540; заявл. 24.09.2007; опубл. 10.01.2008, Бюл. №1. (*Розроблення конструктивної схеми живильника бункера установки*).

АНОТАЦІЯ

Попов С.В. Мобільна розчинозмішувальна установка з однопоршневым розчинонасосом. – Рукопис.

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, 2008.

Дисертаційна робота присвячена проблемі створення та дослідження режимних і конструктивних параметрів малогабаритної мобільної розчинозмішувальної установки зі шнековим робочим органом та однопоршневым розчинонасосом із комбінованим компенсатором пульсації тиску. Розроблена математична модель змішування сухих компонентів будівельних сумішей шнековим робочим органом. Досліджені явища, що виникають під час руху прямокутної пластини, яка імітує робочий орган, у будівельній суміші та розчині. Вивчений характер взаємодії підшипникової опори змішувача з розчинною сумішшю. На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень визначено рівень споживаної приводом змішувача потужності та вплив на неї основних факторів процесу змішування. Оцінено рівень якості приготування будівельного розчину шнековим робочим органом установки. Запропонована методика інженерного проектування бункера змішувача. Проведене економічне оцінювання ефективності використання розробленого обладнання. Упровадження у будівельне виробництво мобільної розчинозмішувальної установки УРЗ-3,8 з однопоршневым розчинонасосом дозволяє комплексно механізувати опоряджувальні роботи.

Ключові слова: *розчинозмішувальна установка, шнековий змішувач, розчинонасос, будівельна суміш, споживана потужність, якість змішування.*

АННОТАЦИЯ

Попов С.В. Мобильная растворосмесительная установка с однопоршневым растворонасосом. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.05.02 – Машини для производства строительных материалов и

конструкций. – Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка, Полтава, 2008.

Целью диссертационной работы является создание и внедрение в строительное производство высокоэффективной мобильной малогабаритной универсальной растворосмесительной установки с растворонасосом, который оборудован комбинированным компенсатором пульсации давления, а также исследование режимов ее работы с разработкой методик расчета оптимальных конструктивных, технологических и энергетических параметров этой установки.

В основу исследования положено изучение процессов смешивания и сопутствующих явлений строительных смесей и растворов с энергетической и качественной точек зрения. Математически смоделирован процесс смешивания смеси из сухих исходных компонентов шнековым рабочим органом. Созданы теоретические предпосылки для определения мощности, потребляемой приводом шнекового смесителя, с учетом коэффициента удельного сопротивления движению k , кПа, который представляет собой эффективное напряжение, необходимое для необратимого деформирования (смешивания) строительной смеси. Проведено моделирование работы подшипника скольжения рабочего органа при взаимодействии с рабочей средой.

В результате экспериментальных исследований доказана адекватность математической модели смешивания сухих компонентов строительной смеси, причем погрешность расчетных и экспериментальных значений не превышает 10%. Исследованы явления, возникающие во время движения рабочего органа в сухой строительной смеси и растворе. Они характеризуются появлением неподвижной зоны и зоны возбуждения соответственно. Определено влияние физико-механических свойств строительных растворов, кинематических параметров, коэффициента наполнения и геометрии растворосмесительной установки на потери мощности. Смешивание цементно-песчаных растворов и малоподвижных строительных растворов вообще является более энергоемким процессом, нежели известково-песчаных и более подвижных. Размер зерен заполнителя существенного значения не имеет, но лучше в качестве заполнителя использовать мелкозернистый песок. Мощность в зоне линейных скоростей от 0,6 до 1,5 м/с изменяется пропорционально первой степени частоты вращения шнекового вала. Мощность смешивания находится в прямой зависимости от коэффициента наполнения бункера φ . Самостоятельного влияния на величину потребляемой мощности длина бункера смесителя не имеет.

В результате проведения многофакторного эксперимента была получена функциональная зависимость, позволяющая расчетным путем оценить величину мощности, потребляемой приводом шнекового смесителя, в зависимости от подвижности смеси (6–12 см), частоты вращения рабочего органа (20...50 об/мин.) и коэффициента наполнения бункера ($\varphi = 0,5...1,0$).

С целью определения эффективности рабочего органа растворосмесительной установки в виде шнека было проведено экспериментальное оценивание качества смешивания растворной смеси. Критериями были приняты степень неравномерности содержания компонента раствора в пробах и прочность на сжатие кубиков размером 70,7×70,7×70,7 мм. Считалось, что раствор является однородным при абсолютных отклонениях содержания компонента в пробе: песка – 1,5%, цемента – 3,5%; воды – 2,0%.

Предложена научно обоснованная методика расчета рациональных конструктивных параметров бункера мобильной растворосмесительной установки и шнекового смесителя в его составе.

Предложена и внедрена в строительное производство новая конструкция малогабаритной мобильной растворосмесительной установки, оснащенной однопоршневым растворонасосом и шнековым смесителем. Данная конструкция позволяет комплексно механизировать процесс проведения отделочных работ от приготовления раствора до его бескомпрессорного соплования на обрабатываемые поверхности. Применение растворосмесительной установки позволило повысить производительность отделочных работ в 2,5–3 раза по сравнению с традиционным ручным оштукатуриванием. Результаты производственных испытаний подтвердили эффективность предложенных конструкторских решений.

Ключевые слова: *растворосмесительная установка, шнековый смеситель, растворонасос, строительная смесь, потребляемая мощность, качество смешивания.*

ABSTRACT

Popov S.V. The mobile mortar-mixer with one piston mortar-pump. – Manuscript.

The dissertation for scientific degree of Candidate of Technical Sciences, speciality 05.05.02 – Machines for building materials and structure production. – Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk, Poltava, 2008.

The dissertational work is devoted to a problem of creation and research of regime and design parameters small-sized mobile mortar-mixer with mixing screw and one-piston mortar-pump which is equipped the combined pressure compensator. The mathematical model of mixing dry components building mixes by mixing screw is developed. The phenomena accompanying movement of a rectangular plate, which simulates working body, in a building mixture and a solution are investigated. The character of the mortar-mixer bearing interaction with solution mixture is investigated. On the basis of carried out theoretical and experimental researches the power level consumed by mortar-mixer and also influence degree of major mixing factors is determined. The building solution preparation quality by mixing screw is appreciated. The technique of engineering designing of the mortar-mixer bunker is offered. It is carried out the economic analysis of developed equipment use efficiency. The introduction in building manufacture of mobile mortar-mixer with mixing screw and one-piston mortar-pump which is equipped the combined pressure compensator allows to mechanize finishing works in a complex.

Keywords: *mortar-mixer, mixing screw, mortar-pump, building mixture, drive power, mixing quality.*

Редакційно-видавничий відділ
Полтавського національного технічного університету
імені Юрія Кондратюка
36011, Полтава, просп. Першотравневий, 24.

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру
видавців, виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції,
серія ДК, № 932 від 27.05.2002 року.

Папір офсетний. Друк RISO.
Ум. друк. арк. 0,9. Наклад 100 прим.
Формат 60×90/16. Зам. № 34.
Підписано до друку 15 травня 2008 р.

