

ВІДГУК

офіційного опонента

доцента кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій
Харківського національного університету міського
господарства імені О. М. Бекетова
кандидата технічних наук, доцента Блажка Володимира Володимировича
на дисертаційну роботу Рудика Ростислава Юрійовича
«Обґрунтування параметрів роботи автономного універсального
мобільного малогабаритного обладнання для приготування бетону»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування»

Актуальність теми дисертаційного дослідження. Розвиток сучасної будівельної галузі супроводжується підвищенням вимог до енергоефективності, мобільності та автономності технологічного обладнання. Особливої ваги ці вимоги набувають під час виконання бетонних робіт на невеликих та/або віддалених будівельних майданчиках, де використання стаціонарних бетонозмішувальних комплексів є технічно ускладненим або економічно недоцільним. За таких умов актуальним є створення малогабаритних установок, здатних забезпечувати необхідну однорідність бетонної суміші, достатню продуктивність та зменшені питомі енерговитрати.

Незважаючи на значну кількість конструкцій бетонозмішувачів, питання підвищення інтенсивності процесу змішування та зменшення енерговитрат залишаються актуальними. Наявні гравітаційні бетонозмішувачі характеризуються простотою конструкції, однак ефективність перемішування в них значною мірою визначається траєкторією руху компонентів суміші в робочому об'ємі. Тому одним із перспективних напрямів удосконалення таких машин є застосування додаткових способів інтенсифікації процесу змішування, зокрема забезпечення осциляційного руху барабана, який сприяє активнішому перерозподілу матеріалу, підвищенню однорідності суміші та зниженню питомих енерговитрат.

Дисертаційна робота Рудика Ростислава Юрійовича присвячена розв'язанню актуального науково-технічного завдання, яке полягає у підвищенні

ефективності приготування бетонної суміші безпосередньо в умовах будівельного майданчика шляхом застосування автономного універсального мобільного малогабаритного обладнання з осциляційним рухом барабана та обґрунтування раціональних параметрів його роботи. Спрямування дослідження на одночасне підвищення однорідності суміші, скорочення тривалості змішування та зменшення енерговитрат відповідає актуальним завданням галузевого машинобудування та будівельної індустрії.

Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій. Сформульовані в дисертації наукові положення, висновки та практичні рекомендації є достатньо обґрунтованими. Автором використано комплекс взаємопов'язаних методів: аналіз і систематизацію відомих конструкцій та способів змішування; методи теоретичної механіки й математичного моделювання руху компонентів бетонної суміші; статистичні методи оброблення результатів експериментальних досліджень; планування багатофакторного експерименту; регресійний аналіз; лабораторні та виробничі випробування.

Теоретичні дослідження ґрунтуються на розгляді руху бетонної суміші вздовж лопатки та барабана з урахуванням поєднання обертального й осциляційного рухів. Такий підхід дав змогу пов'язати геометричні та кінематичні параметри робочого органу з характером переміщення частинок і формуванням активних зон змішування. Для оцінювання енергетичних показників розроблено методика визначення сумарної потужності з урахуванням витрат потужності на обертання барабана, реалізацію осциляційного руху, подолання сил тертя, а також завантаження та вивантаження суміші.

Достовірність результатів підтверджується експериментами на модернізованому гравітаційному бетонозмішувачі, обладнаному механізмом осциляційного руху барабана, застосуванням вимірювальних приладів і лабораторного обладнання, статистичним обробленням даних, а також зіставленням розрахункових та експериментальних значень. Наведена в роботі

розбіжність між теоретичними й експериментальними результатами, що не перевищує 10 %, свідчить про адекватність прийнятих моделей у межах досліджених режимів.

Достовірність і практичну значущість одержаних результатів додатково підтверджено виробничими випробуваннями та впровадженням розробленого способу змішування на об'єктах ЖБК «Ворскла» і ТОВ «Виробниче підприємство “Будмеханізація”».

Структура та зміст дисертаційної роботи. Дисертація є завершеною кваліфікаційною науковою працею. Вона містить анотацію українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, загальні висновки, список використаних джерел і додатки. Логіка побудови роботи відповідає послідовності розв'язання поставлених завдань: від аналізу стану питання та обґрунтування напряму досліджень до математичного опису процесу, експериментальної перевірки результатів, визначення раціональних режимів і практичного впровадження.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету й завдання, визначено об'єкт і предмет дослідження, наведено застосовані методи, розкрито наукову новизну та практичне значення результатів, подано відомості про особистий внесок здобувача, апробацію та публікації.

У першому розділі виконано аналіз сучасного стану засобів приготування бетонних сумішей. Розглянуто вимоги до обладнання та показників якості сумішей, проаналізовано конструкції бетонозмішувачів і засобів транспортування. Автором визначено недоліки традиційних гравітаційних машин і обґрунтовано доцільність інтенсифікації процесу за рахунок керованої зміни просторового положення барабана. Зміст розділу створює достатню інформаційну основу для постановки мети та завдань подальших досліджень.

Другий розділ є основною теоретичною частиною дисертації. У ньому запропоновано конструктивну схему автономного універсального мобільного малогабаритного бетонозмішувача та розкрито принцип його дії. Розроблено

математичний опис процесу змішування, який враховує переміщення суміші вздовж лопатки та барабана, дію сил тяжіння, інерційних і відцентрових сил, тертя, а також зміну кута нахилу барабана. Проаналізовано розподіл частинок у робочому об'ємі, визначено технічну продуктивність та необхідну потужність приводу. Цінним результатом є встановлення того, що в дослідженому діапазоні підвищення продуктивності випереджає зростання енергоспоживання, що підтверджує доцільність застосування осциляційного руху.

У третьому розділі наведено програму, методику та результати експериментальних досліджень. Автором визначено вплив частоти обертання барабана, частоти осциляцій, амплітуди зміни кута нахилу та тривалості змішування на однорідність бетонної суміші, продуктивність, споживану потужність та міцність бетону. За результатами багатофакторного експерименту отримано регресійні залежності та поверхні відгуку, що дали змогу встановити раціональну область параметрів. Експериментальна частина є достатньо змістовною, а результати узгоджуються з теоретичними передумовами.

Четвертий розділ присвячено реалізації запропонованої технології у виробничих умовах. Наведено відомості про розроблений спосіб змішування, результати випробувань і порівняльну оцінку з традиційним гравітаційним способом. Встановлено підвищення коефіцієнта однорідності бетонної суміші на 10–12 %, скорочення тривалості змішування на 25–30 % та зменшення енергоспоживання на 15–20 %. Наявність актів впровадження підтверджує прикладну спрямованість та завершеність дослідження.

Загальні висновки відповідають поставленим завданням, відображають основні теоретичні й експериментальні результати та містять кількісні показники ефективності розробленого способу. У додатках наведено матеріали апробації, акти впровадження та документи щодо правової охорони технічних рішень.

Наукова новизна одержаних результатів. Наукова новизна дисертації полягає в розвитку теоретичних і експериментальних засад інтенсифікації

гравітаційного змішування бетонних сумішей шляхом поєднання обертального та осциляційного рухів барабана.

1. Розроблено математичну модель процесу змішування бетонної суміші в гравітаційному бетонозмішувачі з осциляційним рухом барабана, яка враховує рух суміші вздовж лопатки та барабана і вплив параметрів осциляцій на однорідність бетонної суміші.

2. Установлено закономірності впливу амплітуди зміни кута нахилу барабана, частоти його обертання, частоти осциляцій та тривалості змішування на технологічні й енергетичні показники бетонозмішувача.

3. Отримано теоретико-експериментальні залежності та регресійні моделі, придатні для кількісного оцінювання продуктивності, однорідності суміші та енергоспоживання залежно від режимних параметрів.

4. Обґрунтовано раціональну область параметрів роботи бетонозмішувача з осциляційним рухом барабана, за якої забезпечується раціональне співвідношення показників якості суміші, продуктивності та енергоефективності.

5. Набули подальшого розвитку уявлення про механізм утворення активних зон змішування та перерозподілу компонентів бетонної суміші під час зміни просторового положення барабана.

Наведені положення мають наукову цінність для подальшого вдосконалення методів розрахунку та проєктування гравітаційних бетонозмішувачів.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення роботи полягає у створенні конструктивних і методичних передумов для розроблення та модернізації автономних мобільних малогабаритних бетонозмішувачів з осциляційним рухом барабана. Отримані залежності можуть бути використані під час інженерних розрахунків продуктивності та потужності,

вибору кінематичних параметрів, а також устанавлення раціональних режимів роботи залежно від властивостей суміші та умов експлуатації.

Практична ефективність підтверджена досягнутим підвищенням однорідності суміші на 10–12 %, скороченням тривалості змішування на 25–30 % та зменшенням енерговитрат на 15–20 % порівняно з традиційним гравітаційним змішуванням. Результати впроваджено у виробничу діяльність ЖБК «Ворскла» та ТОВ «Виробниче підприємство “Будмеханізація”». Розроблені технічні рішення захищено двома патентами України на корисну модель.

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях.

Основні положення й результати дисертаційного дослідження достатньо повно висвітлено в наукових публікаціях здобувача. За темою дисертації опубліковано 17 праць, серед яких статті у наукових фахових виданнях України, стаття у виданні, включеному до міжнародної наукометричної бази Scopus, два патенти України на корисну модель та матеріали наукових конференцій.

Тематика публікацій охоплює аналіз конструкцій бетонозмішувального обладнання, обґрунтування режимів роботи, математичне моделювання руху суміші, питання енергоефективності, вплив геометричних параметрів обладнання та реологічних властивостей суміші, а також осциляційний рух робочого органу.

У працях, виконаних у співавторстві, особистий внесок Р. Ю. Рудика конкретизовано. Зміст публікацій відповідає основним положенням, винесеним на захист, і підтверджує належний рівень апробації результатів.

Дотримання принципів академічної доброчесності. За результатами ознайомлення з дисертацією порушень принципів академічної доброчесності в роботі не встановлено. Використані положення, дані та результати інших авторів супроводжуються відповідними посиланнями. Наукові результати, що

становлять зміст дисертації, викладено як власний доробок здобувача, а особистий внесок у спільні публікації визначено.

Зауваження та дискусійні положення. Позитивно оцінюючи дисертаційну роботу загалом, необхідно висловити такі зауваження та побажання:

1. Доцільно було б доповнити дослідження аналізом чутливості розробленої математичної моделі до зміни реологічних властивостей бетонних сумішей різної рухомості, що розширило б межі її практичного застосування.

2. У роботі обґрунтовано раціональні параметри роботи обладнання для досліджуваних режимів. Доцільно було б доповнити дослідження оцінюванням впливу зношування робочих органів на зміну технологічних параметрів процесу змішування під час тривалої експлуатації обладнання.

3. У дисертації детально досліджено процес змішування бетонної суміші та обґрунтовано його раціональні параметри. Водночас питання забезпечення автономної роботи обладнання, зокрема вибору джерела енергії, оцінювання тривалості автономної роботи та впливу енергетичних характеристик приводу на ефективність функціонування обладнання, висвітлено недостатньо повно.

4. Дисертацію варто було б доповнити оцінюванням економічної ефективності використання запропонованого обладнання, зокрема визначенням терміну його окупності та економічного ефекту від упровадження у виробничу практику.

Висловлені зауваження та побажання не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи, можуть бути враховані автором у подальших наукових дослідженнях і не перешкоджають позитивній оцінці одержаних результатів.

Загальні висновки та оцінка дисертації. Дисертаційна робота Рудика Ростислава Юрійовича «Обґрунтування параметрів роботи автономного універсального мобільного малогабаритного обладнання для приготування бетону» є завершеною самостійною науковою працею, у якій отримано нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що в сукупності дають змогу розв'язати актуальне науково-технічне завдання щодо підвищення ефективності приготування бетонних сумішей у мобільному малогабаритному обладнанні.

Робота характеризується логічною структурою, належним методичним рівнем, достатнім обсягом теоретичних і експериментальних досліджень, практичною апробацією та впровадженням результатів. Наукова новизна, достовірність і практичне значення основних положень підтверджені математичним моделюванням, лабораторними та виробничими випробуваннями, публікаціями та патентами.

За актуальністю теми, науковою новизною, обґрунтованістю отриманих результатів, їхнім теоретичним і практичним значенням, повнотою апробації та рівнем виконання дисертаційна робота відповідає вимогам до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії, а її автор Рудик Ростислав Юрійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування».

Офіційний опонент,
доцент кафедри автоматизації та
комп'ютерно-інтегрованих
технологій Харківського
національного університету міського
господарства імені О. М. Бекетова,
кандидат технічних наук, доцент

Володимир БЛАЖКО