

Засновники:

Українська академія наук,
Київський національний університет
будівництва і архітектури

ЗМІСТ:

Редакційна колегія:

Андріанов В.П.;
Беркута А.В., к.т.н.;
Бойко І.П., д.т.н.;
Друкований М.Ф., д.т.н.;
Дудар І.Н., д.т.н.;
Лагутін Г.В., д.т.н.;
Лівінський О.М., д.т.н.;
Менейлюк О.І., д.т.н.;
Микитась М.В.;
Назаренко І.І., д.т.н. (Головн. редактор);
Онїпко О.Ф., д.т.н.;
Савицький М.В., д.т.н.;
Смірнов В.М., к.т.н.;
Терновий В.І., к.т.н. (Відповід. секретар);
Тугай О.А., д.т.н.; (Заст. головн. ред.);
Черненко В.К., д.т.н.
Басараб В.А., к.т.н. (Комп'ютерна верстка)

*Статті друкуються в авторській редакції
Відповідальність за достовірність даних у
відкритому друку несуть автори.*

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Київського національного університету
будівництва і архітектури Протокол №38*

Шаляпіна Т.С.

Організаційно-технологічні аспекти
вибору комплексу машин у відповідності до
девелоперських контрактів.....3

Свиридюк Д.Я.

Дослідження коливань вібраційного бетонозмішувача
при вертикальному розташуванні барабану.....6

Саленко Ю.С.

Теоретические и экспериментальные
исследования силовых и энергетических характеристик
бетоносмесителей принудительного действия.....10

Иткин А.Ф.

Разработка пустотообразователей для формирования
многопустотных панелей перекрытия.....14

Колин В.М., Часовщик Ю.Я.

О полезных и вредных вибрациях и шуме в машинах
строительной индустрии.....17

Максимов А.С.

Передумови та потенціал оптимізації теплової оболонки
будівель.....20

Лилов О.В.

Гармонізація договорів підряду з міжнародною
будівельною практикою: організаційний аспект.....24

Ловейкін В.С., Човнюк Ю.В.,

Ляшко А.П., Ткачук Л.Б.
Метод аналізу фрикційних автоколивань приводів
механічних систем.....27

Клименко М.О., Луценко Я.О., Погребняк Т.С.

Особливості приготування будівельних сумішей та
виконання бетонних робіт при зведенні бетонних
конструкцій під водою.....29

ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИБОРУ КОМПЛЕКСУ МАШИН У ВІДПОВІДНОСТІ ДО ДЕВЕЛОПЕРСЬКИХ КОНТРАКТІВ

Анотація. Розглянуто та досліджено сутність девелоперської організації в частині організаційно-технологічного аспекту вибору комплексу машин. Розроблена структурна схема формування математичної моделі комплексу машин будівельного підприємства.

Annotation. Reviewed and researched the essence of the developer organization in terms of organizational and technological aspects of selecting complex machines. Developed the structural diagram of the formation of complex mathematical models of construction machinery enterprises.

Актуальність роботи. В сучасних умовах будівництва набуває широкого розвитку і застосування системне моделювання будівельного виробництва, поступова відмова від генпідрядних схем до моделей управління будівельними проектами організаціями – девелоперами, сутність яких і полягає в системному підході до проекту шляхом інтегрованого розпорядження ресурсами замовника в рамках відведених замовником навантажень.

Аналіз існуючих досліджень. Технологічні та організаційні аспекти є ключовими при формуванні будь-якого будівельного проекту і його реалізації на практиці при належному фінансово-економічному обґрунтуванні.

Сучасне будівництво є складною керованою системою із фінансово-економічними, матеріальними та трудовими ресурсами.

При формуванні засобів механізації в роботах [1-5] розглядався підхід, що базується на основі створення парку машин і механізмів для виконання власних потреб будівництва, а також можливого надання послуг у вигляді оренди машин, які не задіяні в конкретний час виконання робіт.

В даній роботі формуються нові засади [4] до створення нової інфраструктури інженерного забезпечення будівельних підприємств і компаній за рахунок цілеспрямованого створення високоефективних мобільних будівельно-монтажних комплектів (МБМК), є останнім часом актуальною проблемою для будівельної галузі. При цьому МБМК може мати у своєму складі МБМК велику кількість елементів інфраструктури (пристроїв прийому компонентів бетонної або асфальтобетонної суміші, складів, дозаторів, змішувачів, систем контролю, управління і автоматики), або КМ складається із виключно засобів доставки на об'єкт суміші, її укладання в опалубки і ущільнення горизонтальних поверхонь. Отже кожній новій функції будівельного об'єкта, якою би малою вона не була, приводиться у відповідність конструктивний елемент КМ, що є матеріальним носієм цієї функції.

Мета дослідження. Розробка організаційно-технологічних прийомів вибору комплексу машин та визначення комплексу в структурі девелоперського контракту.

Результати дослідження. Здійснена по елементна оцінка складових будівельного проекту з точки

зору впливу надійності оборотних фондів техніки на виконання девелоперського контракту. Визначена низка критеріїв, серед яких розглянуто функціональні, експлуатаційні, праксеологічні, безпеки та супутні – естетичні, екологічні та технологічні.

Варто додати до вказаних критеріїв і енергоємність, що визначається потужністю тієї чи іншої машини. Ці критерії і складають основу для дослідження і визначення в залежності від програми технології виконання будівельного процесу. Для вибору математичної моделі, що описує процес використання будівельної машини, розглянуто детерміновані та стохастичні (ймовірнісні), які застосовують в залежності від умов експлуатації тої чи іншої машини. Детерміновані моделі здебільшого мають місце за умови однозначної зміни досліджуваного параметра в залежності від стану та технології будівельного процесу. Це, як правило, засоби малої механізації, які використовуються для оздоблення будівель та допоміжних робіт (ручні машини і т.п.). Стохастичні моделі відрізняються від детермінованих тим, що вихідні дані представляються у вигляді імовірнісних співвідношень, для рішення яких використовується математичний апарат теорії вірогідностей. Отже, отриманий результат дослідження має імовірнісний вид, який можна ідентифікувати певним законом. Такою моделлю описується процес використання баштового крану, який є головною технологічною машиною будівельного об'єкта, машини для доставки суміші на будівельний майданчик, а також бетононасоси.

Метод вибору математичної моделі базується на основі визначення фізичного процесу та його сутності. Математична модель забезпечує обґрунтовано вибрати комплекси машин будівельного підприємства (КМ БП) та оптимізувати їх параметри за відповідними критеріями і враховує взаємодію із фінансовими та трудовими ресурсами у частині їх витрат. Їх розглянуто, як самостійний клас моделей (детермінованих, імовірнісних та змішаних) що враховують характеристики КМ БП та процес витрат на експлуатацію. Математична модель процесу застосування КМ БП умовно розділена на декілька взаємопов'язаних і, в той же час, відмінних блоків. Деякі блоки розділів залишаються незмінними, тобто складають стабільну основу математичного моделювання, а достовірність і ефективність застосування структурної схеми в значній мірі залежить від чіткого уявлення фізичної суті

¹ Шаляпіна Т.С., аспірант КНУБА.

будівельного процесу та вибору критеріїв оцінки ефективності КМ БП. Фірма-девелопер має в своїй структурі (рис.1) аналітичний відділ моніторингу, в задачу якого входить оцінка існуючих ефективних структур

формування мобільних комплектів машин (МКМ) з фінансово економічним обґрунтуванням за низкою критеріїв.

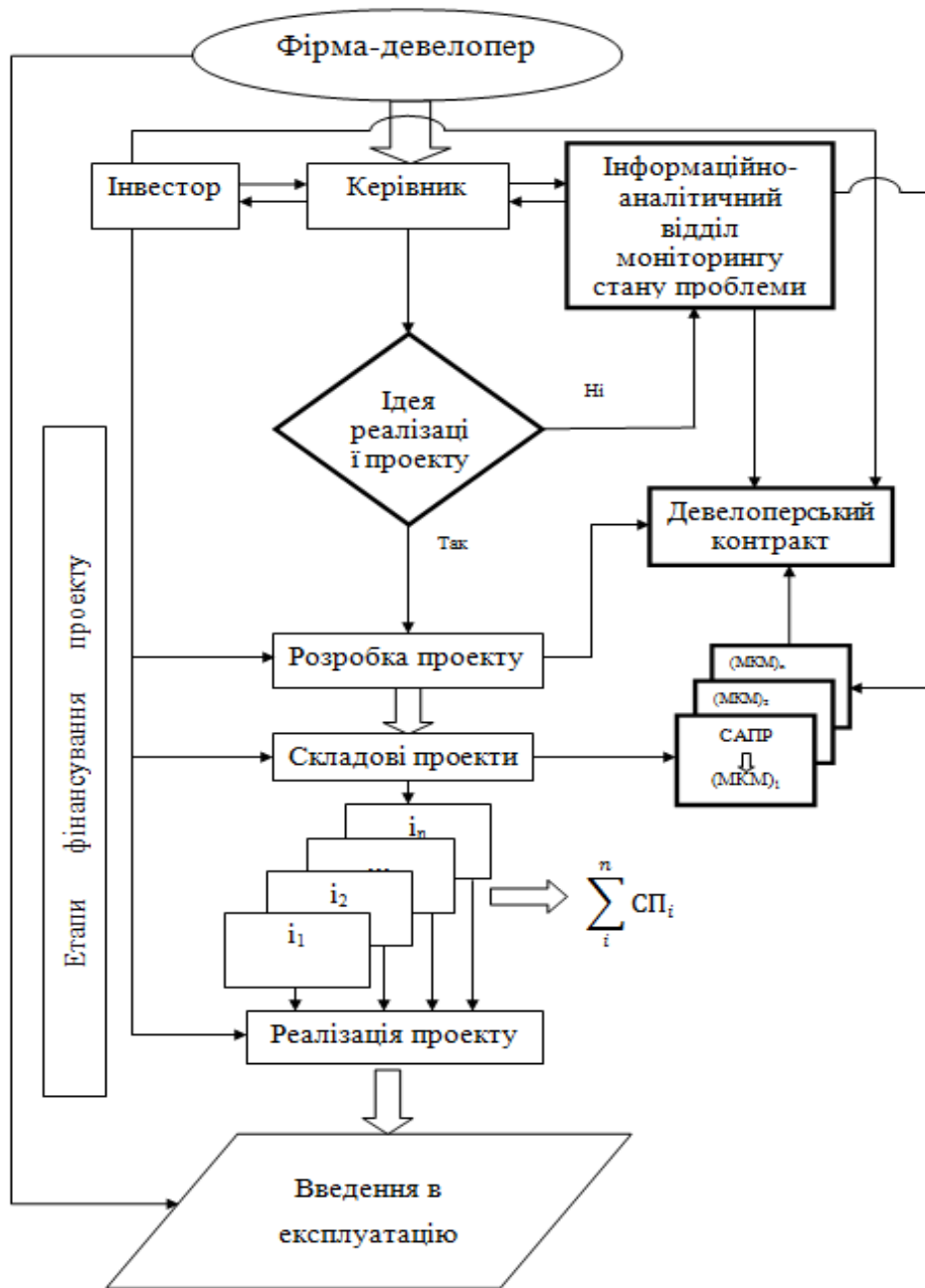


Рисунок 1. Структурна схема фірми-девелопера.

Новим напрямком у методології організації конкурентоспроможного вибору КМ є: цілеспрямована розробка заходів з підвищення стійкості позиції будівельної фірми-девелопера на ринку підприємств; корпоративна стратегія керування знаннями; інтерактивні електронні технічні керівництва, що забезпечують безперервність процесів інформаційного забезпечення створення промислових баз методами САПР. При цьому конкретні рекомендації повністю мають визначатися специфікою задач, оскільки будівництво в теперішній час здійснюється за двома основними

технологіями: каркасно-монолітною та комплексною, що враховує і заводську технологію виготовлення виробів.

Проведені дослідження засвідчують, що реалізація будівельного проекту в значній мірі залежить від однієї із складових проекту – оборотного фонду машин будівельного підприємства. Ця залежність перш за все є важливою для такого параметру, як час виконання будівельного проекту, який є прямою залежністю від продуктивності КМ (рис. 2).

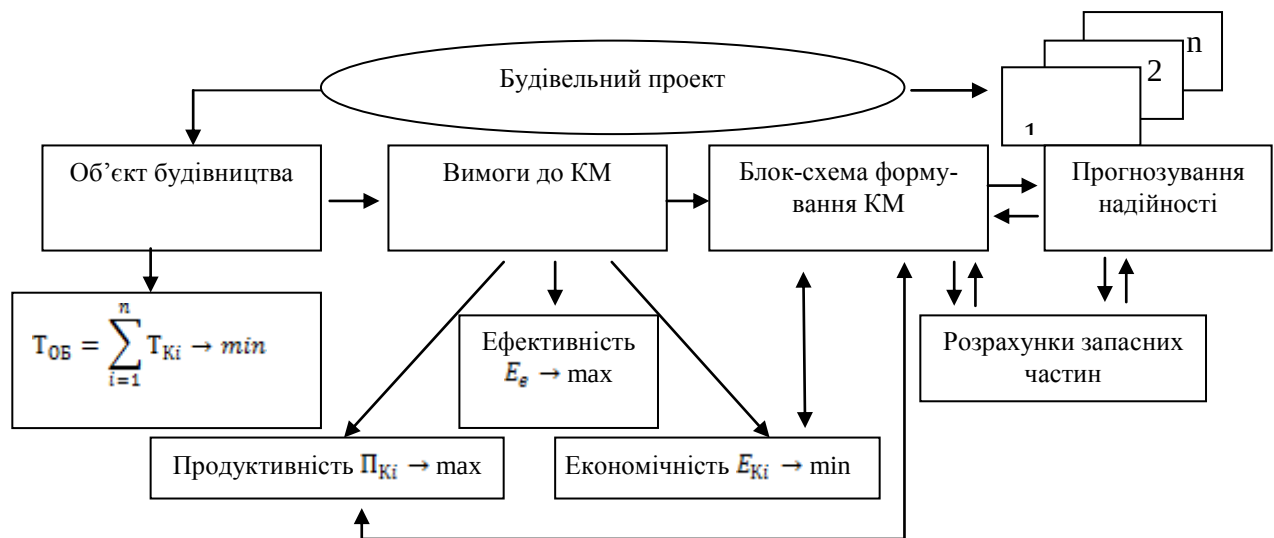


Рис. 2. Структурна схема частини будівельного проекту, що пов'язана із визначенням оборотного фонду машин будівельного підприємства:

1, 2... n – етапи розробки будівельного проекту; $T_{об}$ – трудомісткість об'єкту будівництва; T_{Ki} – трудомісткість i -го комплексу.

Основні ознаки факторів впливу (блок «об'єкт будівництва» див. рис. 2) обумовлюється умовою $T_{об} \rightarrow \min$, що і відображається в виборі методів рішення складових частин будівельного проекту «оборотний фонд машин». Друга основна частина блоку «Вимоги до КМ» ефективність є головною вимогою і представляє собою інтегральну оцінку всіх складових КМ:

$$E_e = \sum_{i=1}^n E_{Ki} \rightarrow \max \quad (1)$$

Методологія та методи виконання умови (1) є ключовою задачею фірми-девелопера і в практичній площині досягається коректними розрахунками ос-

новних машин, до яких відносяться баштовий кран, авто бетонозмішувач, бетононасос. Складовою блоку «Вимоги до КМ» – економічність є умова, виконання таких показників як продуктивність, ефективність і відображена моделлю використання часу, динамічною моделлю стратегії експлуатації.

Значний вплив на комплектацію блоку «Схема формування КМ» має надійність, яка визначає необхідність в запасних частинах, а прогнозування їх впливає на економічність девелоперського контракту і тому значна увага в дослідженнях була привернута до можливих витрат коштів на допоміжні операції процесу використання КМ.

Висновки

1. Доведено, що в сучасному будівництві інтенсивно розвиваються розрахунково-аналітичні бази організаційно-технологічного моделювання будівництва, адаптованої до ефективної організації за схемою девелоперського управління, яка відкриває потенціальні можливості в повному об'ємі відобразити весь цикл будівельного проекту із максимальним зменшенням ризиків невиконання його в плановий термін. Найбільш невизначеною складовою будівельного проекту являються засоби механізації, що обслуговують процес будівництва практично у всіх його технологічних операціях.

2. Запропоновано алгоритм математичної моделі формування комплексу машин (КМ) на основі встановленої групи критеріїв та розроблена уточнена схема структури діяльності фірми-девелопера, в якій передбачено створення аналітично-інформаційного відділу для пошуку нових ідей, моніторингу стану оборотного фонду машин будівельного підприємства (ОФМБП), його вибору з метою кореляції будівельного проекту.

Література

- Бахаев О.Б. Технологія зведення малооб'ємних розосереджених об'єктів з використанням універсальних машин / О.Б. Бахаев, А.С. Чебанов // Будівництво України. – 1997. – № 6. – С. 19 – 21.
- Кудрявцев Е.М. Теоретические основы комплексной механизации строительства / Е.М. Кудрявцев // Механизация строительства. – 1996. – № 5. – С. 19 – 21.
- Поколенко В.О. Алгоритм оцінки рівня використання парку будівельних машин шляхом статистичної агрегації / В.О. Поколенко, О.А. Тугай // Збірник наукових праць «Містобудування і територіальне планування». – К.: КНУБА, 2002. – Вип. 10. – С. 101 – 106.
- Сердюк В.І. Вибір та ефективне використання будівельної техніки / В.І. Сердюк // Науково-технічний журнал «Техніка будівництва». – К.: КНУБА, 2002. – № 11. – С. 71 – 74.
- Шпаков А.В. Логістика економіки і інвестиційні процеси при шляховому будівництві / А.В. Шпаков, С.В. Федоренко // Збірник наукових статей Міжнародної науково-практичної конференції «Знання України». – К.: Вид-во ТОВ «Знання України», 2002. – Вип. 2. – С. 11 – 14.

Свиридюк Д.Я.¹

ДОСЛІДЖЕННЯ КОЛИВАНЬ ВІБРАЦІЙНОГО БЕТОНОЗМІШУВАЧА ПРИ ВЕРТИКАЛЬНОМУ РОЗТАШУВАННІ БАРАБАНАУ

АНОТАЦІЯ. В роботі досліджено робочий процес гравітаційного змішувача із урахуванням впливу на нього віброзбудника коливань.

Ключові слова: гравітаційний змішувач, віброзбудник коливань, вібрація, барабан змішувача, амплітуда, аналіз.

SUMMARY. In this work the workflow gravity mixer taking into account the impact on him vibrofeeders fluctuations.

Key words: gravity mixer, oscillation exciters, vibration, drum mixer, amplitude, analysis.

Постановка проблеми. Застосування активно-го робочого органу в гравітаційному змішувачі дозволяє підвищити його ефективність та зменшення часу перемішування. В роботі досліджується робочий процес гравітаційного змішувача із урахуванням впливу на нього віброзбудника коливань.

Метою даної роботи є дослідження робочого процесу гравітаційного змішувача із урахуванням впливу на нього віброзбудника коливань.

Виклад основного матеріалу дослідження. На характер коливань барабану змішувача і ефективність вібромеханічного перемішування цементобетонних сумішей впливають його маса, жорсткість пружних амортизаторів, частота і амплітуда збуджуючих сил віброзбудника коливань, координати центру тяжіння барабану змішувача, віброзбудника коливань і бетонної суміші, фізико-механічні характеристики суміші, геометричні розміри барабану змішувача і об'єм його заповнення бетонною сумішшю.

До основних параметрів і показників ефективності роботи вібромеханічного пристрою для приготування цементобетонних сумішей, що підлягають визначенню в процесі теоретичних досліджень, відносяться:

- маса і момент інерції барабану змішувача разом з віброзбудником крутильних коливань;
- жорсткість пружних амортизаторів;
- частота і амплітуда вимушених коливань барабану змішувача;
- амплітуда збуджуючих сил віброзбудника коливань;
- закон руху барабану змішувача;
- продуктивність;
- потужність приводу.

Оскільки частота і амплітуда вимушених коливань барабану змішувача бетонозмішувача є технологічними параметрами, тобто параметрами що істотно впливають на якість оброблюваної цементобетонної суміші, то в процесі теоретичних досліджень визначалися раціональні параметри, закон і області стійкого руху барабану змішувача, що забезпечують здобуття необхідного технологічного режиму.

Методикою передбачено дослідження холостого режиму роботи барабану (тобто без врахування впливу Д.Я., аспірант КНУБА.

сам вертикально встановлений барабан змішувача є абсолютно жорстким тілом і що завдяки пружній підвісці вібраційна дія від барабану змішувача не передається опорній плиті і підставі бетонозмішувача.

Для визначення характеру руху барабану змішувача бетонозмішувача під дією кругової збуджуючої сили розглянемо його розрахункову схему (рис. 1,а,б) при роботі без навантаження, тобто в режимі холостого ходу. Переміщення елементів даної динамічної системи під дією віброзбудника кругових коливань можна представити у вигляді прямолінійних коливань у напрямі координатних осей, що проходять через центр тяжіння даної динамічної системи, і кутових коливань відносно цих же координатних осей.

При цьому рух барабану змішувача можна описати наступною системою рівнянь:

– переміщення по горизонталі у напрямі координатної осі Y :

$$m \frac{d^2 y_1}{dt^2} + b_2 \frac{dy_1}{dt} + c_2 y_1 = Q \sin \omega t; \quad (1)$$

– переміщення по горизонталі у напрямі координатної осі X :

$$m \frac{d^2 x_1}{dt^2} + b_3 \frac{dx_1}{dt} + c_3 x_1 = Q \cos \omega t; \quad (2)$$

– кутове переміщення відносно координатної осі X :

$$J_x \frac{d^2 \psi_x}{dt^2} + n_2 \frac{d\psi_x}{dt} + k_2 \psi_x = Ql \sin \omega t; \quad (3)$$

– кутове переміщення відносно координатної осі Y :

$$J_y \frac{d^2 \psi_y}{dt^2} + n_3 \frac{d\psi_y}{dt} + k_3 \psi_y = Ql \cos \omega t; \quad (4)$$

– переміщення по вертикалі у напрямі координатної осі Z по осі X :

(5)

– переміщення по вертикалі у напрямі координатної осі Z по осі Y :

$$z_y = y\psi_x, \quad (6)$$

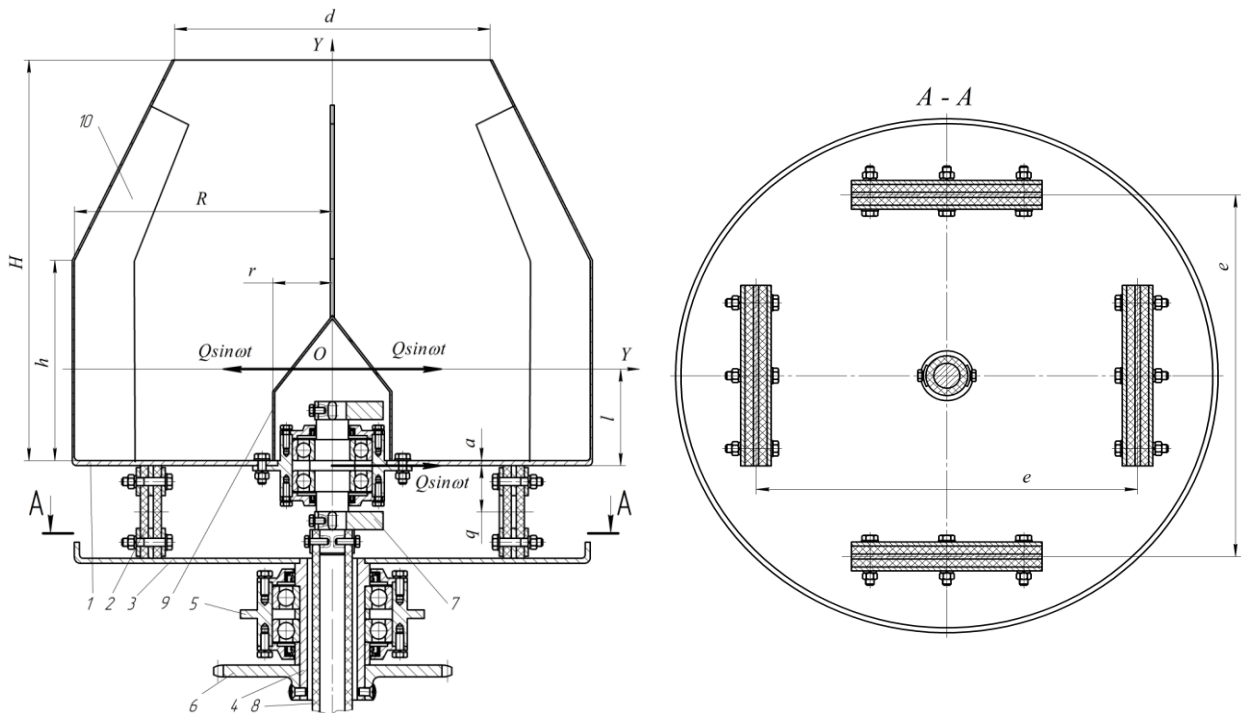


Рисунок 1. Розрахункова схема вібраційного бетонозмішувача вільного перемішування цементобетонної суміші вертикальному розташуванні барабану змішувача: а – загальний вигляд; б – розріз.

де m – маса частини бетонозмішувача, що коливається;

Q – амплітуда збуджуючої сили віброзбудника кругових коливань;

x_1, y_1, z_x, z_y – лінійні переміщення барабану змішувача у напрямі координатних осей X, Y і Z під дією гармонійних збуджуючих сил $Q \cos \omega t$ і $Q \sin \omega t$;

X, Y і Z – координатні осі, що проходять через центр тяжіння частини бетонозмішувача, що коливається;

c_2 – жорсткість і b_2 – коефіцієнт непружного опору амортизаторів у напрямі координатної осі Y ;

c_3 – жорсткість і b_3 – коефіцієнт непружного опору амортизаторів у напрямі координатної осі X ;

ψ_x, ψ_y – кутові переміщення барабану змішувача відносно координатних осей X, Y відповідно;

J_x, J_y – моменти інерції частини бетонозмішувача, що коливається, відносно координатних осей X, Y і Z відповідно;

k_2 і n_2 – коефіцієнти пружної жорсткості і непружного опору амортизаторів при кутових переміщеннях системи, що коливається, відносно координатної осі X ;

$$k_2 = 0,5c_1e + c_2(l + q);$$

$$n_2 = 0,5b_1e + b_2(l + q); \quad (7)$$

e – відстань між амортизаторами, як в подовжньому, так і в поперечному напрямі;

k_3 і n_3 – коефіцієнти пружної жорсткості і непружного опору амортизаторів при кутових переміщеннях системи, що коливається, відносно координатної осі Y ;

$$k_3 = 0,5c_1e + c_3(l + q);$$

$$n_3 = 0,5b_1e + b_3(l + q); \quad (8)$$

q – відстань від середини амортизаторів до центру додатка збуджуючих сил віброзбудника кругових коливань відповідно у напрямі координати і координати;

c_1 – жорсткість і b_1 – коефіцієнт непружного опору амортизаторів у вертикальному напрямі;

l – відстань від центру тяжіння частини даної динамічної системи, що коливається, до центру додатка збуджуючих сил віброзбудника кругових ко-

ливань відповідно у напрямі координати Y і координати X ;

ω – кутова частота вимушених коливань віброзбудника коливань;

t – час.

Використовуючи методи класичної теорії коливань, вирішення отриманої системи рівнянь (1 - 4) для стаціонарних коливань, що описують сталий рух вертикально встановленого барабану змішувача в режимі холостого ходу, представимо в наступному вигляді:

$$y_1(t) = A_1 \sin(\omega t - \varphi_1); \quad (9)$$

$$x_1(t) = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2); \quad (10)$$

$$\psi_x(t) = \Psi_1 \sin(\omega t - \xi_1); \quad (11)$$

$$\psi_y(t) = \Psi_2 \cos(\omega t + \xi_2). \quad (12)$$

де A_1 – амплітуда гармонійних коливань центру тяжіння системи, що коливається, у напрямі координати Y ;

A_2 – амплітуда гармонійних коливань центру тяжіння системи, що коливається, у напрямі координати X ;

Ψ_1 – амплітуда кутових (крутильних) гармонійних коливань барабану змішувача відносно осі X , що проходить через центр тяжіння системи, що коливається;

Ψ_2 – амплітуда кутових (крутильних) гармонійних коливань барабану змішувача відносно осі Y , що проходить через центр тяжіння системи, що коливається;

φ_1, φ_2 – кут зрушення фаз між амплітудами збуджуючих сил і амплітудами вимушених коливань;

ξ_1, ξ_2 – кут зрушення фаз між амплітудами моментів збуджуючих сил і амплітудами кутових вимушених коливань;

$$A_1 = \frac{Q}{m\sqrt{(p_{01}^2 - \omega^2)^2 + 4\delta_1^2\omega^2}}; \quad (13)$$

$$A_2 = \frac{Q}{m\sqrt{(p_{02}^2 - \omega^2)^2 + 4\delta_2^2\omega^2}}; \quad (14)$$

$$\Psi_1 = \frac{Ql}{J\sqrt{(p_{03}^2 - \omega^2)^2 + 4\delta_3^2\omega^2}}; \quad (15)$$

$$\Psi_2 = \frac{Ql}{J\sqrt{(p_{04}^2 - \omega^2)^2 + 4\delta_4^2\omega^2}}; \quad (16)$$

$$p_{01} = \sqrt{\frac{c_2}{m}}; \quad \delta_1 = \frac{b_2}{2m}; \quad (17)$$

$$p_{02} = \sqrt{\frac{c_3}{m}}; \quad \delta_2 = \frac{b_3}{2m}; \quad (18)$$

$$p_{03} = \sqrt{\frac{k_2}{J}}; \quad \delta_3 = \frac{n_2}{2J}; \quad (19)$$

$$p_{04} = \sqrt{\frac{k_3}{J}}; \quad \delta_4 = \frac{n_3}{2J}; \quad (20)$$

$$\varphi_1 = \arctg \frac{2\delta_1\omega}{p_{01}^2 - \omega^2}; \quad (21)$$

$$\varphi_2 = \arctg \frac{2\delta_2\omega}{p_{02}^2 - \omega^2}; \quad (22)$$

$$\xi_1 = \arctg \frac{2\delta_3\omega}{p_{03}^2 - \omega^2}; \quad (23)$$

$$\xi_2 = \arctg \frac{2\delta_4\omega}{p_{04}^2 - \omega^2}; \quad (24)$$

Використовуючи отримані вирішення (8 - 24) системи рівнянь (1 - 6) даної динамічної системи, послідовно визначимо закони руху днища і стінок барабану змішувача, а також захисного ковпака, що контактує з оброблюваною бетонною сумішшю, як у вертикальному, так і в горизонтальному напрямках, і що викликають в оброблюваному середовищі нормальні і дотичні напруження, істотно впливають на ефективність вібраційної обробки і перемішування бетонних сумішей.

Закон руху днища барабану змішувача, що контактує з оброблюваною і перемішуваною бетонною сумішшю по горизонталі у напрямі координати X , можна описати наступним рівнянням:

$$X_d(t) = x_1(t) + (l - a)\psi_y(t) = A_2 \cos(\omega t + \varphi_2) + \Psi_2(l - a)\cos(\omega t + \xi_2). \quad (25)$$

Закон руху днища барабану змішувача, що контактує з оброблюваною і перемішуваною бетонною сумішшю по горизонталі у напрямі координати Y , можна описати наступним рівнянням:

$$Y_d(t) = y_1(t) + (l - a)\psi_x(t) = A_1 \sin(\omega t - \varphi_1) + \Psi_1(l - a)\sin(\omega t - \xi_1). \quad (26)$$

Тут $X_d(t)$ і $Y_d(t)$ – переміщення днища барабану змішувача по горизонталі у напрямі координат X і Y ;

a – товщина днища барабану змішувача.

Закон руху днища барабану змішувача, що контактує з оброблюваною бетонною сумішшю у вертикальному напрямі уздовж координати Y , можна описати наступним рівнянням:

$$Z_d(y,t) = y\psi_x(t) = \Psi_1 y \sin(\omega t - \xi_1) \quad \text{при} \\ -R \leq y \leq -(R-r) \\ \text{і при } (R-r) \leq y \leq R. \quad (27)$$

Закон руху днища барабану змішувача, що контактує з оброблюваною бетонною сумішшю у вертикальному напрямі уздовж координати X , можна описати наступним рівнянням:

$$Z_d(x,t) = x\psi_y(t) = x\Psi_2 \cos(\omega t + \xi_2) \quad \text{при} \\ -R \leq x \leq -(R-r) \\ \text{і при } (R-r) \leq x \leq R. \quad (28)$$

Тут $Z_d(y,t)$ і $Z_d(x,t)$ – переміщення днища барабану змішувача у вертикальному напрямі уздовж координат X і Y ;

R – радіус циліндричної частини барабану змішувача;

r – радіус циліндричної частини захисного ковпака.

Закон руху обичайки барабану змішувача, що контактує з оброблюваною бетонною сумішшю по горизонталі у напрямі координати X , можна описати наступним рівнянням:

$$X_{ob}(z,t) = x_1(t) + z\psi_y(t) = \\ A_2 \cos(\omega t + \varphi_2) + \Psi_2 z \cos(\omega t + \xi_2) \\ \text{при} \\ -(l-a) \leq z \leq (H-l+a). \quad (29)$$

Закон руху обичайки барабану змішувача, що контактує з оброблюваною бетонною сумішшю по горизонталі у напрямі координати Y , можна описати наступним рівнянням:

$$Y_{ob}(z,t) = y_1(t) + z\psi_x(t) = \\ A_1 \sin(\omega t - \varphi_1) + \Psi_1 z \sin(\omega t - \xi_1) \\ \text{при} \\ -(l-a) \leq z \leq (H-l+a). \quad (30)$$

Тут $X_{ob}(z,t)$ і $Y_{ob}(z,t)$ – переміщення обичайки барабану змішувача у вертикальному напрямі уздовж координат X і Y .

Закон руху обичайки барабану змішувача, що контактує з оброблюваною бетонною сумішшю у вертикальному напрямі уздовж координат Y і X , можна описати наступними рівняннями:

- для циліндричної частини

$$Z_{oby}(t) = R\psi_x(t) = \Psi_1 R \sin(\omega t - \xi_1); \quad (31)$$

$$Z_{obx}(t) = R\psi_y(t) = \Psi_2 R \cos(\omega t + \xi_2); \quad (32)$$

- для конусної частини

$$Z_{oby}(y,t) = R\psi_x(t) = \Psi_1 \left[R - \frac{y-(h-l+a)}{\operatorname{tg}\beta} \right] \sin(\omega t - \xi_1) \\ \text{при} \\ (h-l+a) \leq y \leq (H-l+a); \quad (33)$$

$$Z_{obx}(x,t) = R\psi_y(t) = \Psi_2 \left[R - \frac{y-(h-l+a)}{\operatorname{tg}\beta} \right] \cos(\omega t + \xi_2) \\ \text{при} \\ (h-l+a) \leq y \leq (H-l+a), \quad (34)$$

де $Z_{oby}(t)$ і $Z_{obx}(t)$ – переміщення циліндричної частини барабану змішувача у вертикальному напрямі уздовж координат Y і X ;

$Z_{oby}(y,t)$ і $Z_{obx}(x,t)$ – переміщення конусної частини барабану змішувача у вертикальному напрямі уздовж координат Y і X ;

β – кут нахилу твірної конуса до його основи,

$$\operatorname{arctg}\beta = \frac{H-h}{R-r}. \quad (35)$$

Аналіз отриманих виразів (25 – 34) показує, що барабан змішувача в процесі роботи здійснює складні просторові коливання, покликані забезпечувати ефективну вібраційну дію на перемішувану цементобетонну суміш. Причому кожна точка, що знаходиться на внутрішній поверхні барабану змішувача має свій закон руху. Внаслідок чого перемішувана бетонна суміш випробовуватиме змінну амплітудно-частотну дію, яка викликає в суміші різноспрямовану нормальні і дотичні напруження, що забезпечує в ній граничне руйнування внутрішніх зв'язків і велику рухливість, що сприяє збільшенню масообміну і ефективному перемішуванню.

Висновки

1. Отримані вирази (1 – 35) дозволяють встановити закон руху всіх поверхонь внутрішньої поверхні барабану змішувача, що взаємодіють з цементобетонною сумішшю, і в першому наближенні дають можливість визначити основні параметри пропонованого вібраційного бетонозмішувача вільного перемішування.
2. Уточнені параметри пропонованого вібраційного бетонозмішувача вільного перемішування можна визначити, дослідивши коливання даної динамічної системи під навантаженням, тобто в робочому режимі при перемішуванні бетонних сумішей.

Література

1. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем / І.І. Назаренко // Навчальний посібник (2-е видання). К.: Видавничий дім «Слово», 2010.-440 с.

УДК 693.95(075.8)

Саленко Ю.С.¹

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛОВЫХ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОСМЕСИТЕЛЕЙ ПРИНУДИТЕЛЬНОГО ДЕЙСТВИЯ

АННОТАЦІЯ. В результаті теоретичних і експериментальних досліджень визначено коефіцієнти опору перемішуванню жорстких бетонних сумішей в змішувачі примусової дії при повільному обертанні лопатевого вала. Встановлено закономірності зміни коефіцієнта опору бетонної суміші на лопатку змішувача залежно від кута повороту лопатевого вала, консистенції суміші і коефіцієнта тертя суміші об стінки корпусу змішувача. Визначено потужність приводу.

Ключові слова: бетонозмішувач, коефіцієнт опору, потужність приводу.

SUMMARY. As a result of theoretical and experimental studies to identify the factors of resistance to mixing stiff concrete mixes in a forced action mixer at slow rotation of the blade shaft. The regularities of changes in the coefficient of resistance of the concrete mix on the paddle of the mixer depending on the angle of rotation of the blade shaft, consistency, and friction coefficient of the mixture on the walls of the housing of the mixer. To determine the capacity of the drive.

Keywords: concrete mixer, the coefficient of resistance, the drive power.

Введение. Создание смесителей принудительного действия для приготовления бетонных смесей, сочетающих в себе высокие показатели производительности и качества приготовляемой смеси с его простотой конструкции и сравнительно малыми значениями металлоемкости и энергоемкости, является важной народнохозяйственной задачей. При этом важную роль в разработке смесителей нового класса является внедрение в процесс перемешивания новых эффектов, обеспечивающих повышение качества приготовления смесей с низкой энергоемкостью. В тоже время создание принципиально новых эффектов и способов перемешивания, а также разработка принципиально новых конструкций смесителей, удовлетворяющих современному производству, невозможны без точного определения характера изменения сил сопротивления в процессе перемешивания бетонной смеси.

Для определения сил сопротивления перемешиванию в лопастных смесителях принудительного действия обычно используют эмпирические и полумпирические методы расчетов [1, 2], которые в первом приближении дают удовлетворительные результаты при разработке известных аналогов, но не обеспечивают необходимой точности при разработке принципиально новых конструкций бетоносмесителей. Коэффициент сопротивления перемешиванию бетонной смеси принимается постоянным и выбирается из диапазона 30...77 кПа независимо от конструкции и размеров перемешивающих рабочих органов, типа и физико-механических характеристик смеси, объема заполнения корпуса смесителя приготовляемой смесью и его поперечного сечения, что не позволяет изучить характер изменения сил сопротивления, точно определить основные параметры и обосновать выбор конструкции новых бетоносмесителей. При выборе конструкции лопаток обычно пользуются эмпирической формулой, из которой следует, что высота лопаток равна 0,45...0,5 радиуса обечайки корпуса смесителя

[2]. Это на наш взгляд приводит не только к увеличению мощности привода и перерасходу энергии на перемешивание, но и удлинняет продолжительность процесса перемешивания.

Таким образом, выполнение исследований, направленных на изучение сил сопротивления на лопатки смесителя, возникающих при перемешивании смеси, является актуальным.

Цель и задачи исследования. Целью настоящих исследований является определение характера изменения сил сопротивления перемешиванию бетонных смесей в смесителе принудительного действия при медленном вращении лопастного вала, снабженного прямыми лопатками, в зависимости от геометрических размеров лопаток, типа и физико-механических характеристик смеси и объема заполнения корпуса смесителя приготовляемой смесью.

Изложение основного материала. В результате теоретических исследований, выполненных по методике, изложенной в работе [3], была получена аппроксимирующая зависимость для определения характера изменения сил сопротивления, действующих на лопатки при медленно вращающемся лопастном вале в зависимости от физико-механических характеристик смеси, радиуса обечайки корпуса смесителя, коэффициента заполнения смесью корпуса смесителя, высоты лопаток и угла поворота лопастного вала от нулевого (горизонтального) положения вплоть до 180°. Медленное вращение лопастного вала принимается для того, чтобы на первом этапе исследований исключить действие инерционных сил. При этом было получено выражение, позволяющее определить коэффициент сил сопротивления перемешиванию смеси в виде следующей аппроксимирующей трансцендентной функции:

$$K_s = K_{s0} k_z^2 e^{-\delta_1 \varphi^2} \left(1 + \frac{R - 0,5h}{R} \sin^2 k_1 \varphi \right), (1)$$

где K_{s0} – коэффициент сопротивления перемешиванию смеси при $\varphi=0$; k_z – относительный коэффициент загрузки смесителя бетонной смесью,

$$k_z = V_z / V_{z0}; \quad (2)$$

V_z – объем перемешиваемой смеси; V_{z0} – объем перемешиваемой бетонной смеси при коэффициенте заполнения корпуса смесителя $k_{zb}=0,5$;

$$\delta_1 = a_1 f_1 + a_2 f_2 k_z; \quad (3)$$

f_1 – коэффициент трения перемещаемого лопаткой ядра уплотнения об обечайку корпуса смесителя; f_2 – коэффициент внутреннего трения перемешиваемой смеси; a_1 и a_2 – коэффициенты аппроксимации; R – радиус обечайки корпуса смесителя; h – высота лопатки; $k_1 = 1,5$. Значения коэффициентов f_1 , f_2 , a_1 и a_2 для различных типов смесей приведены в работе [4].

На рис. 1 приведены результаты экспериментальных исследований и теоретические данные, характеризующие закономерность изменения значений коэффициента сопротивления K_s бетонных смесей различной консистенции в зависимости от угла поворота лопастного вала при радиусе обечайки корпуса $R=300$ мм, высоте лопатки $h=60$ мм, коэффициенте заполнения $k_{zb0}=0,5$ (а), $k_{zb}=0,585$ (б). Анализ приведенных данных показывает, что наибольшие силы сопротивления бетонной смеси перемешиванию возникают при вращении лопатки в диапазоне от $5...10^\circ$ до $80...85^\circ$ при отсчете от горизонтального положения. Пик значений коэффициента сопротивления достигается в положении лопатки при $55...65^\circ$. В целом предложенные теоретические зависимости по форме и характеру кривых, а также по получаемым значениям достаточно точно соответствуют экспериментальным данным. Отличие экспериментальных данных от теоретических состоит в том, что для всех типов бетонных смесей коэффициент сопротивления в момент входа в лопатки в бетонную смесь имеет в реальности меньшие значения, чем получено при теоретических исследованиях.

Это объясняется тем, что в реальных условиях при входе лопатки в бетонную смесь, последняя деформируется, сжимается и образует ядро уплотнения. Поэтому из-за деформации и уплотнения смеси происходит постепенное нарастание действия сил сопротивления, а при теоретических исследованиях было принято допущение, что изначально при входе лопатки в бетонную смесь образуется ядро уплотнения. Было подтверждено, что существенное влияние на коэффициент сопротивления K_s оказывают не только угол поворота лопастного вала, но и физико-механические характеристики смеси, объем заполнения бетонной смесью корпуса смесителя и размеры лопатки. На рис. 2 показано изменение теоретических и экспериментальных зависимостей коэффициента

сопротивления K_s бетонных смесей от угла поворота лопастного вала и заполняемого объема корпуса смесителя бетонной смесью при радиусе обечайки корпуса $R=300$ мм, высоте лопатки $h=90$ мм и различных значениях консистенции бетонной смеси.

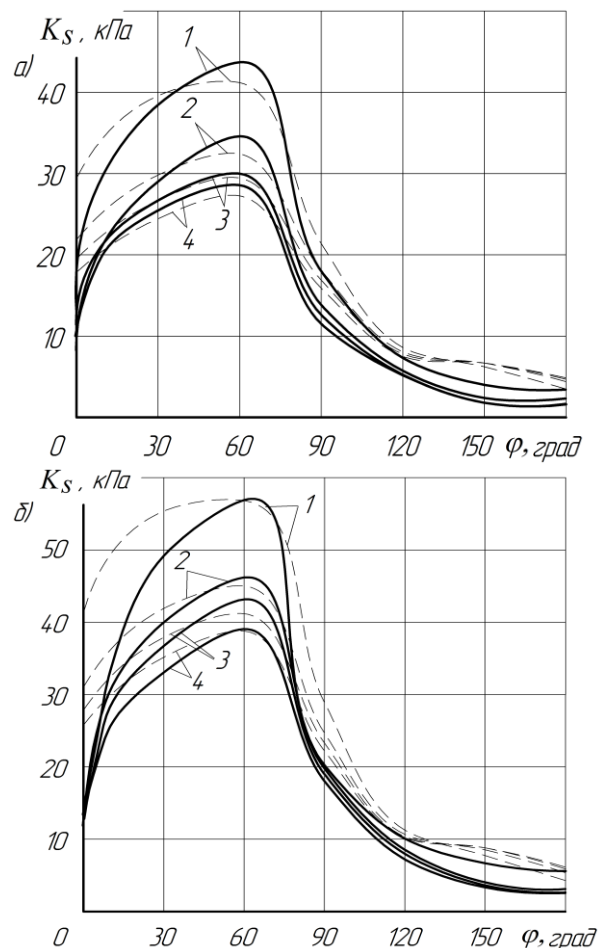


Рисунок 1. Изменение экспериментальных (сплошные кривые) и теоретических (пунктирные кривые) значений коэффициента сопротивления K_s бетонных смесей в зависимости от угла поворота лопастного вала при $R=300$ мм, высоте лопатки $h=60$ мм, коэффициенте заполнения $k_{zb0}=0,5$ (а), $k_{zb}=0,585$ (б) и различной консистенции бетонной смеси: 1 – при сухом перемешивании; 2 – при жесткости смеси $J=90$ с; 3 – $J=60$ с; 4 – $J=30$ с.

Из сравнения данных, приведенных на рис. 1 и 2 следует, что с увеличением высоты лопатки коэффициент сопротивления K_s перемещению лопатки в смеси уменьшается. Причем нарастание коэффициента сопротивления K_s с момента входа лопатки в бетонную смесь более пологое при высоте лопаток $h=90$ мм, чем при $h=60$ мм. В среднем расхождение теоретических и экспериментальных данных составляет от 5,5% до 13,5% в зависимости от типа смеси, высоты лопатки и заполняемого объема корпуса смесителя бетонной смесью.

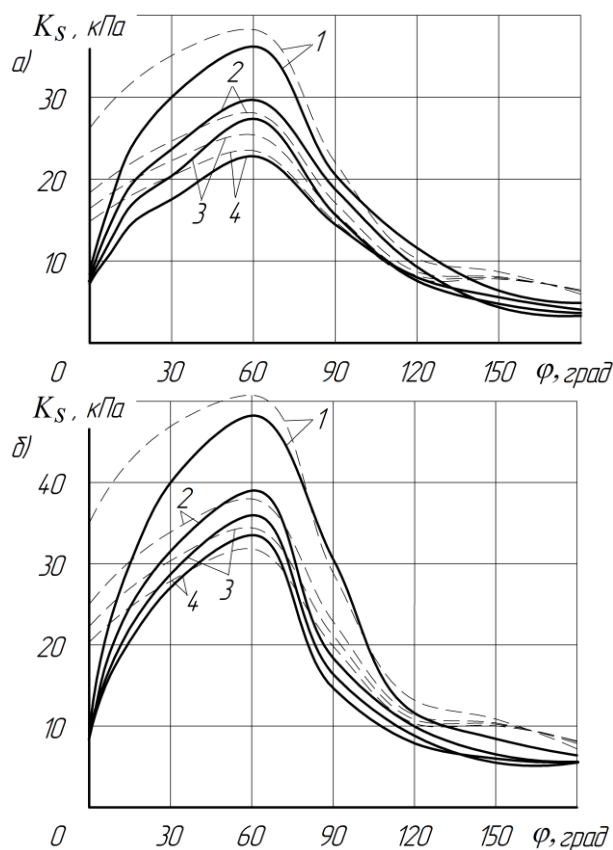


Рисунок 2. Изменение экспериментальных (сплошные кривые) и теоретических (пунктирные кривые) значений коэффициента сопротивления K_s бетонных смесей в зависимости от угла поворота лопастного вала при $R=300$ мм, высоте лопатки $h=90$ мм, коэффициенте заполнения $k_{zb0}=0,5$ (а), $k_{zb}=0,585$ (б) и различных значениях консистенции бетонной смеси: 1 – при сухом перемешивании; 2 – при жесткости смеси $Ж=90$ с; 3 – $Ж=60$ с; 4 – $Ж=30$ с.

В общем виде энергоёмкость процесса перемешивания напрямую зависит от среднего значения коэффициента сопротивления K_{cp} . На рис. 3 и 4 показаны теоретические и экспериментальные значения среднего коэффициента сопротивления K_{cp} для лопаток высотой $h=60$ мм (рис. 3) и $h=90$ мм (рис. 4) в зависимости от консистенции смеси и коэффициента заполнения бетонной смесью корпуса смесителя.

Анализ полученных данных показывает, что с увеличением коэффициента заполнения бетонной смесью корпуса смесителя среднее значение коэффициента сопротивления K_{cp} возрастает.

Также значение K_{cp} возрастает при увеличении жесткости смеси. Расхождение теоретических и экспериментальных данных при высоте лопатки

$h=60$ мм и коэффициенте заполнения $k_{zb0}=0,5$ находится в пределах от 5,6% до 12,2% (рис.3). При коэффициенте заполнения $k_{zb}=0,585$ эти расхождения составляют 10,5...13,2%.

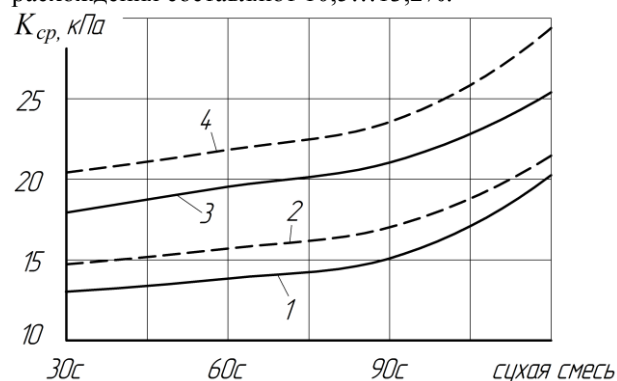


Рисунок 3. Изменение экспериментальных (сплошные кривые) и теоретических (пунктирные кривые) значений среднего коэффициента сопротивления K_{cp} в зависимости от консистенции бетонных смесей при радиусе обечайки корпуса $R=300$ мм, высоте лопатки $h=60$ мм: 1, 2 – при коэффициенте заполнения $k_{zb0}=0,5$; 3, 4 – при коэффициенте заполнения $k_{zb}=0,585$.

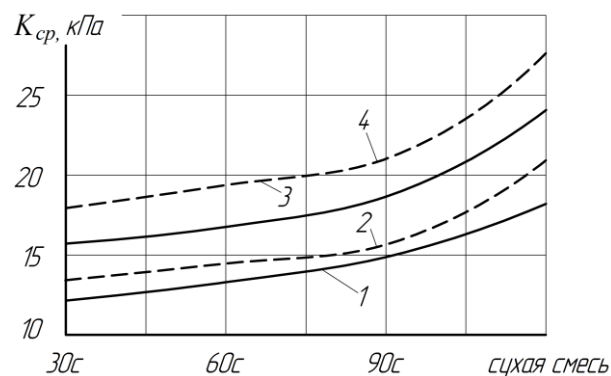


Рисунок 4 – Изменение экспериментальных (сплошные кривые) и теоретических (пунктирные кривые) значений среднего коэффициента сопротивления K_{cp} в зависимости от консистенции бетонных смесей при радиусе обечайки корпуса $R=300$ мм, высоте лопатки $h=90$ мм: 1, 2 – при коэффициенте заполнения $k_{zb0}=0,5$; 3, 4 – при коэффициенте заполнения $k_{zb}=0,585$

При высоте лопатки $h=90$ мм и коэффициенте заполнения $k_{zb0}=0,5$ расхождение теоретических и экспериментальных данных в определении среднего значения коэффициента сопротивления K_{cp} составляет 5,3...12,5% (рис.4). При коэффициенте заполнения $k_{zb}=0,585$ эти расхождения несколько увеличиваются и составляют 12,2...13,5%. Большие расхож-

дения экспериментальных и теоретических значений коэффициента сопротивления K_{cp} при большем коэффициенте заполнения смесью корпуса смесителя объясняются тем, что при большем заполнении происходит более пологое нарастание коэффициента сопротивления K_s с момента входа лопатки в бетонную смесь и это влияет на средний коэффициент сопротивления. Также на расхождение экспериментальных и теоретических значений среднего коэффициента сопротивления влияет повышенное расхождение теоретических и экспериментальных данных, наблюдаемых при малых значениях коэффициентов сопротивления K_s в диапазоне поворота лопатки от 120° до 180° (рис. 1 и 2).

Таким образом, было установлено, что во всех случаях полученные экспериментальные значения среднего коэффициента сопротивления K_{cp} меньше теоретических значений и, в общем, их расхождение

находится в диапазоне от 5,3% до 13,5%, а предложенные теоретические зависимости достаточно точно описывают реальный процесс изменения сил сопротивления.

В табл. 1 приведены экспериментальные и теоретические значения мощности привода бетоносмесителя при перемешивании сухих бетонных смесей одиночными лопатками с различными геометрическими размерами. Данные получены при угловой скорости вращения лопастного вала $3,72 \text{ рад/с}$ и наклоне рабочей поверхности лопатки относительно направления вращения на угол от нуля до $\alpha = 60^\circ$. Полученные показания мощности привода свидетельствуют о достаточно высоком совпадении теоретических зависимостей с экспериментальными данными, что свидетельствует о надежности приведенных теоретических зависимостей для определения основных параметров перемешивающих органов.

Таблица 1

Экспериментальные и теоретические показания мощности привода при перемешивании сухих бетонных смесей одиночными лопатками различной ширины при их высоте $h=6 \text{ см}$.

№ п/п	Ширина лопатки, см	Мощность привода при $\alpha = 0^\circ$, Вт		Мощность привода при $\alpha = 30^\circ$, Вт		Мощность привода при $\alpha = 60^\circ$, Вт	
		Экспер.	Теорет.	Экспер.	Теорет.	Экспер.	Теорет.
1	12	193	195	179	169	120	97,5
2	16	243	260	205	225	145	130
3	20	309	325	260	281	170	162
4	24	379	390	309	337	193	195

Выводы

Впервые получена теоретическая зависимость для определения коэффициента сопротивления K_s в зависимости от физико-механических характеристик бетонной смеси, геометрических размеров смесителя и угла поворота лопастного вала. Это позволит более точно определить мощность привода бетоносмесителей принудительного действия, определить их рациональные параметры, а также разработать их принципиально новые конструкции высокоэффективных и малоэнергоёмких смесителей, повысив при этом качество приготавливаемых смесей.

Литература

1. Морозов М.К. Механическое оборудование заводов сборного железобетона / М.К.Морозов – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1986. – 311 с.
2. Машини для виробництва будівельних матеріалів: Підручник / І.І. Назаренко – К.: КНУБА, 1999. – 488 с.
3. Маслов А.Г., Саленко Ю.С. Определение коэффициента сопротивления перемешиванию бетонной смеси в смесителе принудительного действия / А.Г. Маслов, Ю.С. Саленко // Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Вип. 3/2011 (68), частина 1. Кременчук: КрНУ, 2011. С. 96 – 101.
4. Саленко Ю.С. Горизонтальные бетоносмесители принудительного действия / Ю. С. Саленко – Кременчук: ТОВ «Кременчуцька міська друкарня», 2013 – 218 с.

УДК 624.04 (075)

Иткин А.Ф.¹

РАЗРАБОТКА ПУСТОТООБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ФОРМОВАНИЯ МНОГОПУСТОТНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕКРЫТИЯ

АНОТАЦІЯ. Описані конструкція і принцип дії вібраційної установки, призначеної для формування багато-пустотних панелей перекриття і забезпеченою вібраційними пустотоутворювачами. Кожен пустотоутворювач виконано у вигляді порожнистої штанги, на кінці якої змонтовано віброзбуджувач горизонтальних коливань. Наведено теоретичні дослідження динамічної системи вібраційних пустотоутворювачів. Визначено закон руху і раціональні параметри вібраційних пустотоутворювачів.

Ключові слова: вібраційні пустотоутворювачі, закон руху, панелі перекриття, бетонна суміш.

SUMMARY. The design and principle of operation of the vibration installation intended for the molding of hollow-core slabs and is provided with a vibrating cavities. Each recess unit is made in the form of a hollow rod at the end of which is mounted a horizontal exciter of vibrations. Theoretical studies of the dynamic vibration system of cavities. Defined the law of motion and rational parameters of vibration of the cavities.

Keywords: vibrating cavities, the law of motion, the floor slabs, the concrete mix.

Введение. При стендовом формировании многопустотных панелей перекрытий, в комплект уплотняющих машин, наряду с вибрационной площадкой, входят вибрационные пустотообразователи и пригруз, или вибрационные пустотообразователи и вибрационный пригруз [1, 2]. Этот состав определяется типом изделия, технологией изготовления, жесткостью смеси и интенсивностью вибрационного воздействия, развиваемого вибрационной площадкой.

При использовании виброплощадки с продольно-вертикальными колебаниями, которая обеспечивает интенсивное вибрационное воздействие на бетонную смесь, как в продольном, так и в вертикальном направлениях, формирование многопустотных панелей перекрытий можно осуществлять несколькими способами:

- в форму с предварительно напряженной арматурой вводят вибрационные пустотообразователи и ее заполняют цементобетонной смесью; периодически включают виброплощадку и вибрационные пустотообразователи и производят предварительное уплотнение цементобетонной смеси до ее полного разравнивания; на поверхность уплотняемого изделия устанавливают пригруз, последовательно включают виброплощадку и вибрационные пустотообразователи до полного уплотнения цементобетонной смеси и затем в таком же порядке их выключают; выводят вибрационные пустотообразователи и снимают пригруз;

- при одновременном использовании вибрационных пустотообразователей и вибрационного пригруза, последний включают на заключительной стадии процесса уплотнения при выключенных виброплощадке и вибрационных пустотообразователях.

Вибрационные пустотообразователи и вибрационные пригрузки, как правило, используются в массовом производстве. Поэтому они должны обеспечивать экономическую эффективность, высокое качество формирования изделий и точность их геометрических размеров (в соответствии с действующими стандартами), высокую производительность и высокую требовательность к отделке поверхности изделий.

Однако, в настоящее время отсутствуют научно обоснованные методы расчетов основных параметров вибрационных пустотообразователей, что не позволяет определить их рациональные параметры и режимы вибрационного воздействия в зависимости от физико-механических характеристик уплотняемых цементобетонных смесей и геометрических размеров формуемых изделий.

Вибрационные пустотообразователи, используемые при формировании длинномерных изделий, оборудованные вибровозбудителями поперечных колебаний [3], не обеспечивают равномерного воздействия по всей длине формуемого изделия. Это отрицательно сказывается на качестве формуемых изделий. Наиболее технологичными, обеспечивающими равномерное вибрационное воздействие на формуемое бетонное изделие по всей его длине являются разработанные в КрНУ вибрационные пустотообразователи, снабженные вибровозбудителями продольных колебаний [4].

Цель и задачи исследования. Целью настоящих исследования является обоснование рациональных параметров и исследование вынужденных колебаний вибрационных пустотообразователей, снабженных вибровозбудителями горизонтально направленных колебаний.

Изложение основного материала. Установка для формирования многопустотных плит перекрытий состоит (Рис.1) из виброплощадки 1, формы 2, тяговой тележки 3 и вибрационных пустотообразователей, каждый из которых выполнен в виде полый штанги 4 с опорной плитой 5, на которой жестко закреплена П – образная траверса 6 и установлен вибровозбудитель горизонтальных колебаний 7. На П – образной траверсе 6 жестко закреплена тяга 8, которая при помощи упругой подвески 9 и пальца 10 связана с тяговой тележкой 3.

Для повышения эффективности уплотнения и качества поверхности формуемых изделий используется пригруз 11, который устанавливается на поверхности изделия на заключительной стадии процесса уплотнения.

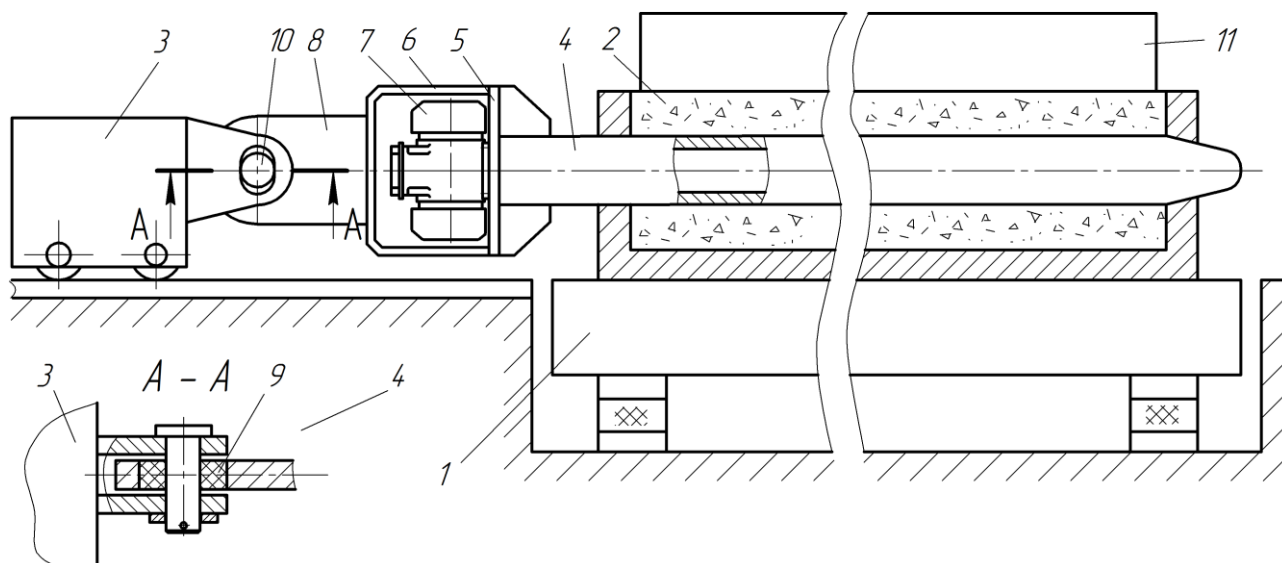


Рисунок 1. Схема установки для формования многопустотных панелей перекрытий с пригрузом.

Для определения закона движения и основных параметров вибрационных пустотообразователей исследуем представленную динамическую систему, на которую действует возмущение в виде горизонтально направленной гармонической силы $Q \sin \omega t$. При этом получу штангу, взаимодействующую с цементобетонной смесью, представим в виде жесткого тела. Тогда дифференциальное уравнение движения полой штанги в направлении координаты X за время t будет иметь вид

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + b \frac{dx}{dt} + cx = Q \sin \omega t, \quad (1)$$

где m – масса вибрационного пустотообразователя; x – перемещение вибрационного пустотообразователя по координатной оси X , направленной вдоль полой штанги; b – суммарный коэффициент неупругого сопротивления перемещению вибрационного пустотообразователя; c – суммарный коэффициент упругого сопротивления перемещению вибрационного пустотообразователя; Q – амплитуда возмущающей силы вибровозбудителя колебаний ω – угловая частота вынужденных колебаний.

Суммарный коэффициент упругого сопротивления перемещению вибрационного пустотообразователя c найдем из следующей зависимости:

$$c = c_1 + c_2, \quad (2)$$

где c_1 – коэффициент жесткости упругой подвески в горизонтальном направлении; c_2 – коэффициент конструктивной жесткости заднего торца формы.

Суммарный коэффициент неупругого сопротивления перемещению вибрационного пустотообразователя b найдем из следующей зависимости:

$$b = b_1 + b_2 + b_3, \quad (3)$$

где b_1 – коэффициент неупругого сопротивления передней опоры,

$$b_1 = b_{11} + b_{12}; \quad (4)$$

b_{11} – коэффициент неупругого сопротивления упругой подвески; b_{12} – эквивалентный коэффициент сопротивления, учитывающий трение штанги о передний торец формы;

b_2 – коэффициент эквивалентного коэффициента сопротивления заднего торца формы;

b_3 – эквивалентный коэффициент сопротивления, учитывающий трение цементобетонной смеси на поверхности полой штанги пустотообразователя; конструктивной жесткости заднего торца формы.

Эквивалентный коэффициент сопротивления b_3 , учитывающий трение цементобетонной смеси на поверхности полой штанги пустотообразователя, определится по методу линеаризации сил кулонового трения [5]:

– без учета силы давления пригруза

$$b_3 = \frac{4Ld_n h_{cp} \rho g f_{mpl}}{\pi A_{cp} \omega}; \quad (5)$$

– с учетом силы давления пригруза

$$b_3 = \frac{4Ld_n g (h_{cp} \rho + q) f_{mpl}}{\pi A_{cp} \omega}, \quad (6)$$

где d_n – наружный диаметр полой штанги;

h_{cp} – средняя толщина слоя цементобетонной смеси, расположенного над полой штангой;

q – удельное давление пригруза;

f_{mp1} – коэффициент трения полой штанги о цементобетонную смесь, определяемый из таблицы [6];

L – длина штанги;

ρ – плотность материала штанги.

Эквивалентные коэффициенты сопротивления, учитывающие трение штанги о передний торец b_{12} и задний торец b_2 формы, также определяются по методу линеаризации сил кулонового трения [5]:

$$b_{12} = \frac{4R_1 f_{mp2}}{\pi A_{cp} \omega}; \quad (7)$$

$$b_2 = \frac{4R_2 f_{mp2}}{\pi A_{cp} \omega}, \quad (8)$$

где R_1 и R_2 – реакции в передней и задней опорах формы от действия полой штанги.

Используя методы классической теории колебаний, представим решение уравнения (1) в следующем виде:

$$x = A \sin(\omega t - \varphi), \quad (9)$$

где A – амплитуда вынужденных колебаний вибрационного пустотообразователя;

φ – угол сдвига фаз между амплитудой возмущающей силы и амплитудой перемещений вибрационного пустотообразователя;

$$A = \frac{Q}{\sqrt{(c - m\omega^2)^2 + b^2\omega^2}}; \quad (10)$$

$$\varphi = \arctg \frac{b\omega}{c - m\omega^2}. \quad (11)$$

Полученное выражение (9) описывает закон движения вибрационных пустотообразователей в направлении координаты x в зависимости от частоты ω и амплитуды возмущающей силы Q , физико-механических характеристик пустотообразователей, упругой подвески и уплотняемой смеси, расстояния между торцевыми стенками L .

На основании проведенных исследований были разработаны пустотообразователи для формирования многпустотных плит длиной 9 м, со следующими основными параметрами: общая масса пустотообразователя – 200 кг; масса оголовка $m_1=30$ кг; наружный диаметр пустотообразователя $d_n=159$ мм внутренний диаметр пустотообразователя $d_{вн}=147$ мм; амплитуда возмущающей силы вибровозбудителя колебаний $Q=6000$ Н.

Было установлено, что при использовании вибрационной площадки с горизонтально направленными колебаниями рекомендуется использовать пригруз с удельным давлением $q=1-2$ кПа, а для вибрационных площадок с вертикально направленными колебаниями пригруз с удельным давлением $q=3-4$ кПа.

Выводы

В результате проведенных исследований разработаны высокоэффективные вибрационные пустотообразователи для формирования многпустотных панелей перекрытия из жестких бетонных смесей.

Полученные теоретические зависимости позволяют определить рациональные параметры вибрационных пустотообразователей зависимости от физико-механических характеристик формируемой смеси и пригруза, а также физико-механических характеристик упругого и неупругого сопротивления в опорах пустотообразователя. Использование предлагаемого вибрационного пустотообразователя позволит повысить производительность, уменьшить установленную мощность привода и снизить энергоемкость процесса формирования бетонных изделий из жестких бетонных смесей.

Литература

1. Кромской Е.И. Пустотообразователь. А.С. СССР № 1000279 / Е.И. Кромской // Б.И. № 8, 1983.
2. Копша С.П. Технология безопасного формирования – ключ к модернизации промышленности и снижения себестоимости жилья / С.П. Копша, В.А. Заикин // Технологии бетонов, № 11, 2013. – С. 29 – 33.
3. Машины и оборудование для производства сборного железобетона. Каталог – справочник. – М: ЦНИИТЭ-строймаш, 1979. – 256 с.
4. Морозов М.К. Механическое оборудование заводов сборного железобетона / М.К. Морозов. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1986. – 311 с.
5. Прочность, устойчивость, колебания. - Справочник. Т.3./Под ред. И.А. Биргера, Я.Г. Пановко. - М.: Машиностроение, 1968. - 568 с.
6. Маслов А.Г. Исследование режима работы вибрационных пустотообразователей для формирования многпустотных панелей перекрытия / А.Г. Маслов, А.Ф. Иткин // Збірник наукових праць Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. Випуск 16, 2005. – С.142 – 147.

УДК 679.8.05:628.517

Колин В.М., Часовщик Ю.Я.¹

О ПОЛЕЗНЫХ И ВРЕДНЫХ ВИБРАЦИЯХ И ШУМЕ В МАШИНАХ СТРОИТЕЛЬНОЙ ИНДУСТРИИ

АННОТАЦИЯ. Изложены результаты исследований, проведенных в течение последних лет в лаборатории снижения вибрации и шума камнерезного инструмента Одесского инженерно-строительного института. Приведена классификация средств снижения вибрации и шума в указанной области. Описаны технические решения и результаты внедрения в промышленность разработанных средств.

Актуальность проблемы и ее связь с важными практическими задачами. Вибрация в технике существует с тех пор как появилась техника и она играет. Зачастую, положительную роль. Однако и негативные явления от действия вибрации и генерируемого ею шума в окружающую среду существовали всегда.

На разных уровнях развития науки и техники велась борьба с вредными вибрациями и шумом. Благодаря этому повышается надежность и долговечность машины и инструмента, снижается уровень профессиональных заболеваний (анемия конечностей, глухота, сердечно-сосудистые заболевания и др.), повышается уровень комфортности труда, защита окружающей среды. Несмотря на это многие машины и оборудование в строительстве превышают допустимые санитарные нормы на вибрацию и шум, а существующие технические средства не способны справиться со все возрастающими повышением уровня скоростей, усилий в механизмах. При этом санитарные нормы имеют тенденцию все большей защиты человека от вредного действия вибрации и шума и снижению показателей С.Н. Наука и техника также не стоит на месте и есть возможность разрабатывать все новые и новые технические решения при решении данной проблемы.

Анализ основных достижений в области борьбы с вибрациями и шумом в строительной индустрии. Нами собраны материалы по снижению уровня вибрации и шума машин в строительстве и на основании существующих авторских свидетельств и патентов, научных отчетов и публикаций была впервые проведена классификация методов и средств применяемых при создании и модернизации строительных машин с целью понижения вредного действия вибрации и шума [1, 6]. На основании этих материалов и существующих норм в строительстве сделан вывод, по результатам исследований машин на производстве [2], что не обходимо искать новые решения вибро и шумоподавления.

Цель и задачи настоящих исследований.

Актуальность проблемы и анализ существующих проблем позволили сформулировать цель – создание новых методов и средств для вибро- и шумобезопасности техники и строительных машин, в частности задач, которых, на основании новых достижений развития науки, средств контроля и защиты машинистов и операторов обслуживающих работу и окружающей среды в целом.

Практика показывает, что для принятия оптимальных решений снижения вредного действия вибрации и шума должен быть найден компромисс между экономичностью, эффективностью и технологичностью принимаемых конкретных технических решений.

В ряде случаев, когда укрытия не дают желаемого результата, эффективным приемом снижения вибрации и шума дискового инструмента служит демпфирование колебаний в корпусе диска, которое помимо снижения шумового воздействия дает возможность уменьшить ширину пропила, снизить трещинообразование в корпусе, повысить долговечность и надежность инструмента. Демпфирование колебаний достигается применением специальных сталей и других материалов, созданием напряженного состояния корпуса, а также совершенствованием его формы и конструкции.

Например, предложены конструкции отрезного круга со скошенными поверхностями режущего элемента, предназначенные для распиловки твердых пород камня и других материалов, позволяющие снизить вибрацию и шум и предотвратить появление трещин в корпусе диска в процессе работы. Конструкция отрезного круга [4] (рис. 1) предусматривает выполнение алмазосо-держащих режущих элементов 4 с наклонной торцевой поверхностью 5, что позволяет вступить в процесс резания с постепенного контакта режущего элемента с камнем и уменьшить силу удара торцевой поверхности об обрабатываемый материал. Особенностью другой конструкции отрезного круга [3] является то, что каждый алмазосодержащий элемент выполнен с наклонной тыльной поверхностью, а соединение тыльной поверхности с наружной закруглено. Закругление между торцевой и наружной, тыльной и наружной поверхностями обеспечивает плавный переход от одной к другой, что приводит к снижению вибрации и шума, позволяет использовать диск с двух сторон, повышает стойкость и долговечность отрезного круга.

С целью повышения эффективности шумоподавления при осуществлении попутного резания, т. е. когда вращение диска и подача обрабатываемого камня совпадает по направлению, была разработана дисковая сегментная пила (рис. 2), в которой режущие элементы 4 имеют форму «ласточки хвоста». Такой технический прием [5] позволяет снизить шум при работе на 25—30 дБ за счет более плавного

¹ Колин В.М., Часовщик Ю.Я.
Одесская Государственная Академия Строительства и Архитектуры.

вступления в процесс резания алмазосодержащих сегментов и отсутствия при этом удара об обрабатываемый камень.

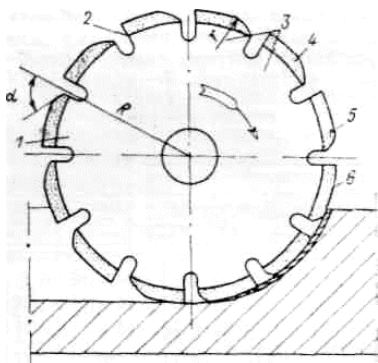


Рисунок 1. Отрезной круг:

1 – корпус-диск; 2 – радиальные пазы; 3 – выступы; 4 – алмазосодержащие элементы; 5 – торцевая поверхность; 6 – наружная поверхность; α – угол наклона торцевой поверхности, равный $40-70^\circ$.

Эффективно рассеивают энергию колебаний диска всевозможные демпфирующие вставки из мягких металлов, располагаемые в основаниях периферийных прорезей. Вставки могут иметь разнообразную конфигурацию и выполняться из различных материалов. Поиск ведется в направлении снижения шума, повышения прочности и надежности конструкции вставок.

В ОГАСА создан дисковый инструмент (рис. 3) [1], в котором прорезь 3 имеет клинообразную форму, утолщена в основании, а по боковой поверхности вставки 4 из пластмассы или другого высокодемпфирующего материала сделан шлиц, что в совокупности обеспечивает повышение жесткости выступов, их устойчивость в работе, а также высокую степень демпфирования вынужденных колебаний. В некоторых случаях более эффективным является применение конструкции отрезного сегментного круга с виброгасящими прорезями, расположенными на выступах и имеющими удлиненную трещиноподобную форму и разную длину. Такое техническое решение позволяет значительно снизить трещинообразование у оснований выступов и повысить эффективность виброподавления в 1,3—1,5 раза.

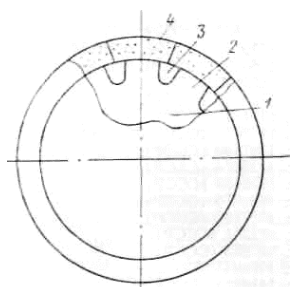


Рисунок 2. Дисковая сегментная плита:

1 – корпус-диск; 2 – выступы; 3 – радиальные пазы; 4 – режущие элементы.

Напряжения, возникающие у оснований выступов от ударов о камень из-за наличия прорезей, нарастают постепенно и упруго спадают при выходе из пропила. Прорези могут быть направлены не только радиально, но и наклонно, что позволяет снизить высокочастотную вибрацию диска и предупредить его деформации, биение и коробление. Прорези могут быть кольцевыми и располагаться в центральной части корпуса по концентрическим окружностям, при этом эффект демпфирования возрастает по мере удаления прорезей от центра диска. Пилы с кольцевыми прорезями более удобны в эксплуатации. В разработке [3] предложены дугообразные прорези 4 с отверстиями на концах 5, расположенные на концентрических окружностях в шахматном порядке (рис. 4).

В статье [6] рассмотрены методы снижения вредного действия вибрации и шума при резании природного камня (гранита, мрамора и др.) алмазным дисковым инструментом кусочно-слоистой конструкции.

Показаны максимальные значения коэффициентов потерь, при оптимальном значении слоистости диска. При обработке облицовочных природных камней используется метод распиловки плит по необходимым размерам, при помощи алмазных дисковых пил. Такая пила представляет собой диск толщиной 3 мм, диаметр 500 мм, по периферии которого установлены алмазные сегменты в количестве 30-35 штук.

Прерывистый характер режущего органа (пилы), а также хрупкость и прочность распиливаемого материала

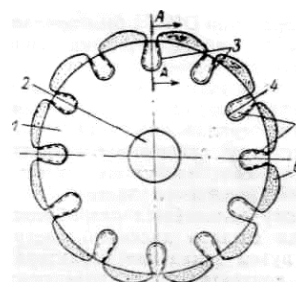


Рисунок 3. Дисковый инструмент:
1-диск; 2-центральное отверстие; 3- прорези; 4- вставки; 5-шлиц; 6-режущие элементы.

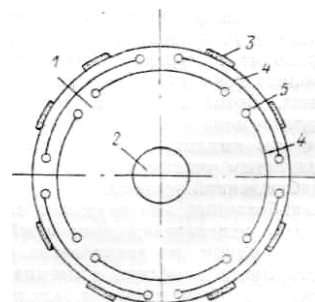


Рисунок 4. Дисковая пила

1-корпус; 2-вал; 3- режущие сегмент; 4- дугообразные разрезы; 5-сквозные отверстия

приводит к высокочастотным вибрациям диска, которые генерируют в окружающую среду значительные уровни шума, превышающие допустимые нормы.

Негативное влияние шума и вредных вибраций приводят, как было указано выше, к частым профзаболеваниям операторов обслуживающих камнерезные машины, а также к преждевременному выходу из строя дорогостоящего оборудования камнерезной машины в целом.

В связи с вышеуказанным была поставлена задача снижения вредного действия высокочастотных вибраций при распиловке камня на камнеобрабатывающих заводах стройплощадках и в ремонтируемых и реконструируемых помещениях.

Сложность, многофакторность, широта и актуальность проблемы вибро и шумо безопасности предопределили проведение настоящих исследований и разработки новых конструкций дисковых режущих инструментов (циркулярных пил).

Наиболее распространенным способом является метод укрытия дисковых инструментов при помощи металлических кожухов.

Однако этот метод не может считаться достаточным т.к. невозможно полное укрытие диска в результате его подвижности в процессе резания, а щели и зазоры продолжают генерировать в окружающую среду шум превышающий допустимые нормы, кроме того, этот метод не решает задачи снижения вибрации инструмента которые распространяются по машине и приводят к высокочастотным вибрациям на самой машине и рабочем месте расположенному на ней.

Более перспективным являются методы демпфирования колебания режущего инструмента. Проведенный анализ существующих решений показал, что несовершенство конструкций существующих дисков приводят к ограниченности использования инструмента, снижения его жесткости, надежности, долговечности.

В основу исследований были положены конструкции дискового инструмента и способ его изготовления-авторские свидетельства №1425997 и №1826388 (рис.1).

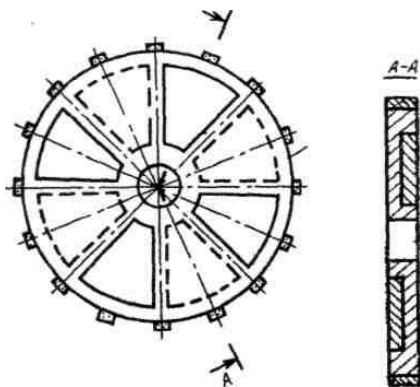


Рис.5 конструкция кусочно-слоистого диска с алмазными сегментами по периферии.

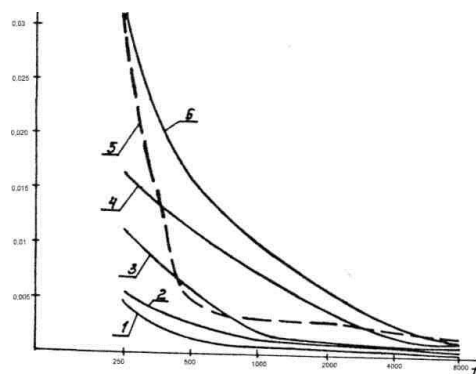


Рис.6 Зависимость коэффициента потерь от частоты для дисковых пил (реверберационный метод).

Идея конструкции такого инструмента заключается в создании дисковой пилы с кусочно-слоистыми вставками с двух сторон, которые установлены в выборках в пол тела толщены пилы заподлицо.

Исследованию подвергались дисковые пилы с площадью слоистости 25% - 75% (рис.6).

Дисковые пилы:

- 1.Стандартная пила
2. С площадью слоистости 25% (6 вставок)
- 3.С площадью слоистости 75%(10 вставок)
- 4.С площадью слоистости 50%(6 вставок)
- 5.С площадью слоистости 30% (6 вставок)
- 6.С площадью слоистости 75% (6 вставок)

По результатам обработки экспериментальных данных с последующим расчетом коэффициента потерь были построены частотные характеристики коэффициента потерь.

При сопоставлении различных характеристик слоистости наблюдается увеличение значения коэффициента потерь с увеличением площади слоистости диска при их максимальных значениях на низких частотах.

За последние годы наибольшее внимание уделялось снижению вибрации и шума дисковых режущих элементов за счет создания полной или частичной слоистости корпуса. Над этим работают ведущие фирмы мира: «Комекс Верктуг» (Швеция), «Диамант Борт» (Бельгия), «Мэнупекчеринг Ко» (США) и др. В наших разработках это перспективное направление развивается с применением принципа кусочной слоистости.

В лаборатории ведется дальнейший поиск новых технических решений, позволяющих повысить вибро- и шумобезопасность камнеобрабатывающей техники и режущего инструмента, имеющего различные габариты и назначение.

К разработкам лаборатории проявляют интерес ведущие зарубежные фирмы: «Диамант сервис» и «Индиго» (Италия), «Макрон» (Финляндия), «Гранит» (Польша) и др.

Выводы

Приведенные исследования и технические решения разработаны в «Отраслевой лаборатории камнерезного инструмента» ОГАСА, научный руководитель – Академик Украинской академии наук Колин В.М. позволили снизить действие вредных вибраций и шума до уровня допускаемого санитарными нормами на машинах по обработке природного камня.

Увеличение коэффициента потерь со слоистости 50% эффективно сказывается на вибробезопасности дискового инструмента. Таким образом, следует ожидать снижения вредного действия высокочастотных колебаний в диапазоне октавных полос от 259-4000 Гц., что вполне достаточно т.к. именно в этом диапазоне дисковые пилы генерируют наиболее вредные уровни шумового давления. Следует также ожидать и снижения вредного действия вибрации на инструмент в указанном диапазоне частот, что повысит надежность и долговечность инструмента и машины в целом.

Литература

1. «Дисковый инструмент», а.с. (19)SU(11) №1247296 А1, Бюллетень №28 от 30.07.86;
2. «Дисковая пила», а.с. (11) №872281, бюллетень №38 от 15.10.81;
3. «Дисковый инструмент», В.М.Колин, патент (19)SU(11) №1839658 А3, бюллетень №48-47 от 30.12.93.
4. «Дисковый инструмент», В.М.Колин, патент (19)SU(11) №1839656 А3, бюллетень №48-47 от 30.12.93.
5. В.М. Колин, Н.Э. Лукашенко. Исследование методов демпфирования высокочастотных колебаний дисковых пил с кусочно-слоистыми вставками. Вестник выпуск №17. Одесской Государственной Академии Строительства и Архитектуры. Одесса 2005 г.
6. В.М.Колин, Л.Э.Лукашенко, Е.Н.Любченко, Методы и средства снижения шума в строительном производстве. «Техническая акустика» Шум и вибрации на производстве. Известия восточно-Европейской ассоциации акустиков. Том 1, выпуск 1, С.П. 1992 г.

УДК 691

Максимов А.С.¹

ПЕРЕДУМОВИ ТА ПОТЕНЦІАЛ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕПЛОВОЇ ОБОЛОНКИ БУДІВЕЛЬ

Анотація. У статті досліджується сутність організаційно-технологічних принципів та аналіз нормативної бази робіт з термомодернізації будівель. Наведений перелік необхідних заходів з термомодернізації будівель, виділено основні технічні рішення з термомодернізації будівель. Розроблено та описано принципи оптимізації теплової оболонки будівель зі визначення найменшої їх вартості при забезпечення нормативних значень тепловтрат будинку в цілому, а також можливий потенціал такої оптимізації.

Ключові слова: термомодернізація, тепла оболонка, оптимізація, заходи з термомодернізації.

Abstract. In the article the essence of organizational and technological principles and the analysis of the regulatory framework of works on thermal buildings. We have climbed the necessary measures to thermo buildings, highlights the main technical solutions for thermo buildings. Developed and described the principles of optimization of thermal envelope of buildings with a definition of the lower of their cost while providing standard values of heat loss of the building as a whole, as well as a possible potential of optimization.

Keywords: Thermomodernization, thermal envelope, optimization activities thermomodernization.

Актуальність. За останні 10 років вартість природного газу (та інших основних енергетичних ресурсів) збільшилася більше ніж в 5 разів, а житлово-комунальне господарство України характеризується їх високим рівнем споживання. Таким чином питання підвищення енергоефективності будівельних об'єктів, нових та вже збудованих, стає стратегічним напрямом розвитку економіки країни.

Аналіз останніх публікацій. Проблема енергозбереження в будівництві та житлово-комунальному господарстві знайшла своє відображення у працях багатьох зарубіжних та вітчизняних науковців. Переважна частина наявних публікацій

присвячена проблемам фінансового забезпечення реалізації інвестиційних проектів енергозбереження. Питання розробки та оптимізації проектів енергозбереження зокрема присвячені праці Степаненко І.В., Нечепорчука А.П., Петровської-Ліньової Н.Б., Ратушняк Г.С., Ратушняк О.Г. Роботи, в яких би системно розглядалися всі етапи реалізації таких проектів, відсутні.

Метою статті є визначення можливості та потенціалу оптимізації енергоефективних заходів з термомодернізації будівель.

Виклад основного матеріалу.

Основними заходами для зменшення витрат теплоти у існуючих будівлях і створення умов теплового комфорту у приміщенні за рахунок поліпшення теплозахисних властивостей огорожуючих конструкцій і збільшення величини опору теплопередачі з метою досягнення їх теплозахисних характеристик до вимог ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» із зміною №1 за рахунок:

- утеплення зовнішніх стін;
- теплової ізоляції перекриття і покриття будівель;
- теплової ізоляції перекриття над неопалювальними підвалами і проїздами будівель;

- заміна існуючих вікон та входних дверей на склопакети в дерев'яних або пластикових плетіннях, що відповідають сучасним вимогам;

- модернізації внутрішніх інженерних систем.

Теплотехнічні властивості багатопарової огорожувальної конструкції з яких виконані стіни, повинні перевірятися за трьома важливими показниками:

- здатністю утримувати тепло в приміщенні (опір теплопередачі);
- унеможливленням накопичення в товщі стіни вологи, яка утворюється від водяних парів, що проникають зсередини приміщення (опір паропроникненню);

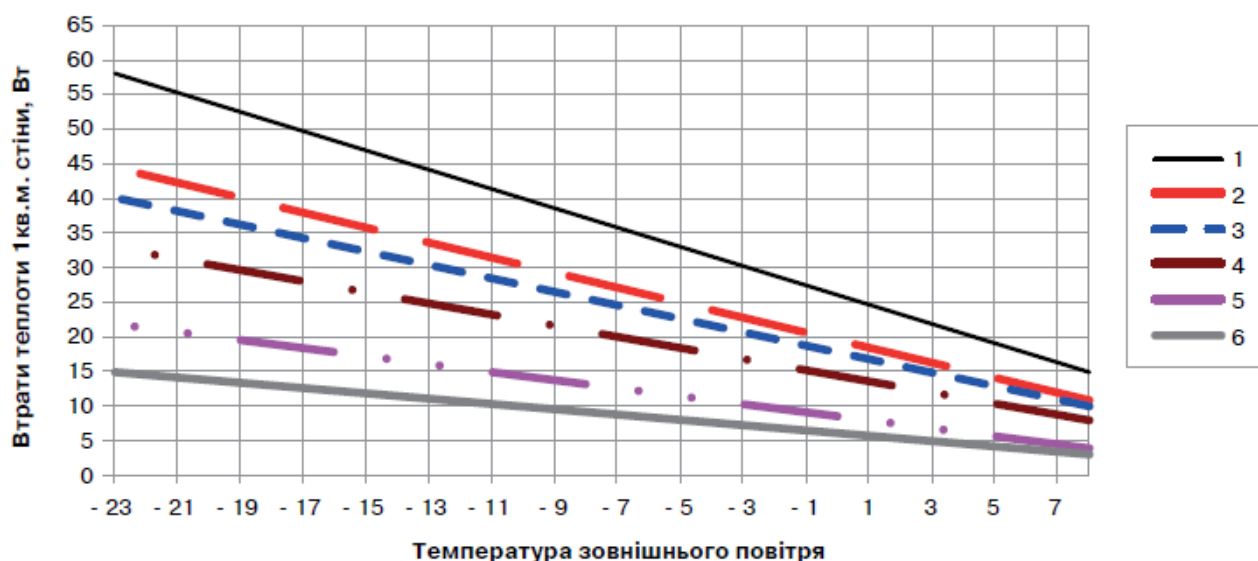


Рисунок 1. Витрати теплоти в житловому будинку через зовнішню стіну площею 1 м^2 при зміні теплозахисних властивостей матеріалу стін.

- 1 Цегляна стіна товщиною 400мм, $R=0,72(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$
- 2 Цегляна стіна товщиною 520мм, $R=0,91(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$
- 3 Цегляна стіна товщиною 525мм з повітряним прошарком, $R=1,1(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$
- 4 Керамзитобетон товщиною 320мм, $R=1,2(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$
- 5 При дотриманні вимог наказу №247 Мінбудархітектури України від 27.XII.1993р.
- 6 При дотриманні нормативів за ДБН В.2.6.-31:2006, $R=3,3(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ (для 1-ої зони)

- здатністю пропускати певну кількість повітря ззовні всередину приміщення і навпаки (опір повітропроникненню).

Відносно не складним розрахунком опору теплопередачі конструкції визначаються її відповідність нормативним показникам для певної температурної зони України, тепловтрати та проектується система опалення будівлі. Але при цьому слід мати на увазі, що нормативний опір теплопередачі є приведеним, тобто не по „ідеальному” поперечному перетину конструкції стіни, а з урахуванням теплопровідних включень.

Найбільш ефективним заходом з енергозбереження у будинках та спорудах навчальних закладів поліпшення теплозахисних властивостей непрозорих огорожень, а також ущільнення або заміна світлопрозорих прорізів будівлі. На рис. 1 представлені ве-

личини втрат теплоти, які мають місце через 1 м^2 зовнішньої стіни на прикладі житлового будинку за різних величин термічного опору стіни. Як видно із графіку, величина втрат теплоти при переході на теплозахисні властивості стіни згідно вимог ДБН В.2.6-31:2006 «Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель» за рахунок зовнішнього утеплення стіни зменшується у 3 рази, порівняно з рівнем втрат будинках, споруджених до 2005 р., без урахування Наказу Міністерства України у справах будівництва і архітектури від 27.12.1993 р. № 2474 [1, 2].

Але існує ще одна складова втрат теплоти через вікна – це втрати теплоти на нагрівання холодного повітря, яке проникає у приміщення через нещільності огорожувальних конструкцій і вікнах. Таке

явище називають інфільтрацією повітря, а відповідні втрати теплоти – інфільтраційними.

Повітропроникність огорожувальних конструкцій в житлових будинках повинна відповідати нормованим значенням. Так, для зовнішніх стін кількість повітря в кг, яке надходить через 1 м^2 огороження за годину (коефіцієнт повітропроникності) не повинен перевищувати $0,5\text{ кг/м}^2\cdot\text{год}$, а для вікон і балконних дверей – близько $6\text{ кг/м}^2\cdot\text{год}$. Такі величини повітропроникності забезпечують надходження свіжого припливного повітря у помешкання – таким чином здійснюється вентиляція загальноосвітніх закладів і забезпечуються необхідні санітарно-гігієнічні умови перебування людей у помешканнях.

Таким чином, приміщення у будівлях не мають бути повністю герметичними.

Огородження повинні бути в міру повітропроникними і мати сорбуючі властивості.

Підсумовуючи вищезазначене, приблизний розподіл величин витрат теплоти через окремі огорожувальні конструкції на прикладі загальноосвітньої школи до виконання робіт з термомодернізації становить [3]:

- непрозорі огорожувальні конструкції стін - 22%;
- конструкції покрівлі - 14%;
- вікна та зовнішні двері - 19%;
- перекриття над неопалюваним підвалом - 12%;
- інфільтраційні витрати - 33%;

Після проведення комплексної термомодернізації, яка включала термомодернізацію огорожувальних конструкцій із доведенням до чинних норм та модернізацію системи теплозабезпечення та опалення розподіл витрат змінився:

- непрозорі огорожувальні конструкції стін - 8%;
- конструкції покрівлі - 12%;
- вікна та зовнішні двері - 14%;
- перекриття над неопалюваним підвалом - 9%;
- інфільтраційні витрати - 57%;

Комплекс архітектурно-технічних заходів з підвищення енергоефективності будівель передбачає розробку раціональних об'ємно-планувальних рішень будинків, теплоефективних конструкцій зовнішніх стін, перекриття, покрівель, інженерних систем, контрольно-вимірювальних і регулюючих приладів, а також використання нетрадиційних джерел енергії.

Малоповерхові будинки, не можуть вважатись теплоефективними через велику питому поверхню зовнішніх огорожень відносно об'єму будинку. З цією метою сучасні нормативні документи повинні включати такий показник, як коефіцієнт компактності, що виражає співвідношення площі зовнішніх огорожень до опалювального об'єму будинку.

Суттєве зниження теплоефективності будівель пов'язане із об'ємною строкатістю фасадів через виступи, западини, ризаліти та інші архітектурні прийоми. Будівлі з такими фасадами можуть втрачати тепла на 12-15% більше, ніж плоскими фасадами.

Особливо великі тепловтрати будівель через вікна та балконні двері. Тому їх площу необхідно проектувати мінімально достатньою для забезпечення норм освітлення та інсоляції, а в деяких випадках при термомодернізації приймають рішення щодо зменшення їх перерізу.

Одним з основних показників енергоефективності будівель є показник компактності у відповідності до ДБН В.2.6-31:2006. Однак його можна змінити або оптимізувати тільки для нового будівництва.

Тому при проектуванні реконструкції об'єктів ми на жаль вже не можемо змінити показник компактності. Фактично при розгляді модернізації вже існуючих будівель особливо увагу необхідно приділяти теплотехнічним показникам огорожувальних конструкцій і їх термомодернізації, а також інфільтрації в будівлі. При аналізі будівель, які досліджувались нашими фахівцями, було визначено, що у будівлі до термомодернізації крізь огорожувальні конструкції витрачається близько 65...75% теплової енергії, а інфільтраційні витрати (через вентиляцію) складають 35...25%.

Тому безумовно в заходах із комплексної термомодернізації необхідно враховувати такий розподіл витрат.

При цьому при проведенні термомодернізації можна зменшити вартість первісних витрат на будівельні роботи за рахунок моделювання теплової оболонки будівлі із використання конструктивних елементів з різними показниками теплопередачі та відповідно різною вартістю улаштування 1 м^2 . Для різних конструктивних елементів суттєва зміна опору теплопередачі не приводить до значного збільшення вартості та навпаки.

Так, наприклад, при збільшенні товщини теплоізоляційного шару в конструкції фасадної теплоізоляції із оздобленням штукатурками (тип В.1 за ДБН В.2.6-33) з 100 мм до 150 мм зміна опору теплопередачі цієї конструкції зростає в 1,5 рази. При цьому вартість збільшиться на 7...9%. А при збільшенні опору теплопередачі наприклад віконної конструкції його вартість може зрости на 80% і т.д.

Основною метою термомодернізації будівлі є зменшення показника витрат тепла. Ця величина фактично сума тепловтрат крізь огорожувальні конструкції та інфільтраційних втрат. Загальні втрати тепла будівлі можна представити такою формулою:

$$Q_{\text{буд}} = Q_{\text{огор.констр.}} + q_{\text{інф.}} \quad (1)$$

де $Q_{\text{буд}}$ – загальні витрати тепла будівлі;

$Q_{\text{огор.констр.}}$ – тепловтрати крізь огорожувальні конструкції,

$q_{\text{інф.}}$ – інфільтраційні тепловтрати.

При цьому

$$Q_{\text{огор.констр.}} = Q_{\text{стін}} + Q_{\text{підв.}} + Q_{\text{вікон}} + Q_{\text{покр.}}, \quad (2)$$

де $Q_{\text{стін}}$, $Q_{\text{підв.}}$, $Q_{\text{вікон}}$, $Q_{\text{покр.}}$ – тепловтрати крізь стіни, перекриття над неопалюваним підвалом (або крізь

підлогу першого поверху), вікон та зовнішніх дверей, покрівлі.

Якщо прийняти за константу величину $Q_{\text{огор.констр.}}$ загальні тепловтрати крізь огорожувальні конструкцій то рівняння (2) можна представити як залежність коефіцієнтів які змінюють характеристики окремих огорожувальних конструкцій:

$$\text{const} = aQ_{\text{стін}} + bQ_{\text{підв.}} + cQ_{\text{вікон}} + dQ_{\text{покр.}}, \quad (3)$$

де a, b, c, d – коефіцієнти зміни тепловтрати крізь стіни, перекриття над неопалюваним підвалом (або крізь підлогу першого поверху), вікон та зовнішніх дверей, покрівлі.

Таким чином, використовуючи залежність (3) ми можемо змінювати в більшу або в меншу сторону

тепловтрати крізь окремі огорожувальні конструкцій, а загальні тепловтрати будинку остануться незмінними. При цьому, якщо при моделюванні теплової оболонки включити перемінні вартості того чи іншого технічного рішення по окремим огорожувальним конструкціям, то можна знайти найменші показники вартості комплексу технічних рішень при забезпеченні стабільного значення тепловтрати будівлі в цілому.

За розрахунками [7] застосування запропонованого методу дозволить оптимізувати та зменшити вартість робіт з термомодернізації огорожувальних конструкцій не 10...26%.

Висновки

1. Аналіз відносного розподілення витрат теплової енергії у будівлі до термомодернізації показує, що крізь огорожувальні конструкції витрачається близько 65...75% теплової енергії, а інфільтраційні витрати складають 35...25%. Це свідчить про можливість економії теплової енергії не менше, як 45...55% тільки за рахунок термомодернізації огорожувальних конструкцій, однак розглядати заходи з термомодернізації необхідно комплексно. Без модернізації системи теплопостачання із її автоматизацією, що забезпечить потрібний розподіл теплової енергії в системі будинку, заходи з термомодернізації огорожувальних конструкцій не дадуть значних результатів.

2. За допомогою запропонованого методу можна забезпечити очікувану найменшу вартість термомодернізації огорожувальних конструкцій при забезпеченні встановленого показника загальних тепловтрат у будинку та зменшити вартість на 20-25%.

3. При подальшому збільшенні енергоефективності будівель необхідно першочергово розглядати заходи із модернізації системи вентиляції з утилізацією тепла, тому що вже в модернізованій будівлі розподіл витрат тепла буде приблизно 35...45% крізь огорожувальні конструкції, а інфільтраційні – 65...55%.

Література

1. Маліков В. М. Підвищення ефективності енергозбереження в житлово-комунальному господарстві / В. М. Маліков, А. А. Худенко // Будівництво України. - 2003. - №3.
2. Горбачовський О. П. Проблеми енергозбереження в житлово-цивільному будівництві // Будівництво України. - 1998. - №2. - С. 12-14.
3. Пилотный проект термомодернизации школы №19 в г. Павлограде / В. Степаненко, Ю. Гридасова, В. Лобода. - ООО ЭСКО «Экологические Системы»
4. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель.
5. СНиП 2.01.01-82. Строительная климатология и геофизика.
6. ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007. Настанова з розроблення енергетичного паспорта будинків.
7. Звіт про науково-дослідну роботу «Проведення аналітичних досліджень та розробка принципів будівельно-технічних рішень щодо проведення комплексної термомодернізації будинків загальноосвітніх шкіл бюджетного утримання (на прикладі 6 проектів) з обґрунтуванням доцільності для повторного застосування». ДП «НДІБВ», 2012.

УДК 347.454.3

Лилов О.В.¹

ГАРМОНІЗАЦІЯ ДОГОВОРІВ ПІДРЯДУ З МІЖНАРОДНОЮ БУДІВЕЛЬНОЮ ПРАКТИКОЮ: ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ АСПЕКТ

АНОТАЦІЯ. Проаналізовано основні вітчизняні законодавчі акти щодо укладання договорів підряду. Виявлено розбіжності між вітчизняним законодавством та європейською усталеною практикою. Запропоновано основні організаційні заходи щодо гармонізації двох існуючих підходів.

ABSTRACT. The basic national legislation on concluding contracts. Revealed discrepancies between national law and European common practice. The basic organizational measures to harmonize the existing two approaches.

Вступ. Сьогодні в Україні до договору будівельного підряду застосовуються положення цивільного та господарського кодексів, а також постанови КМУ «Про затвердження Загальних умов укладення та виконання договорів підряду в капітальному будівництві», якщо інше не встановлено відповідними нормами законодавства. При цьому, стаття 875 ЦК України суттєво відрізняється від аналогічної норми яка була закріплена в ст. 353 ЦК 1963 р. В умовах адміністративно-командної системи економіки договір підряду на капітальне будівництво був винятково плановим і цивільне законодавство обмежувало коло суб'єктів договірних відносин у будівництві тільки юридичними особами. Зміни що відбулися соціально-економічному ладі країни, внесли істотні корективи у взаємини між замовниками споруджуваних об'єктів і підрядниками, що виконують відповідні роботи. У силу цих обставин договір підряду у даний час може бути і плановим, якщо об'єкт споруджується за рахунок державних інвестицій, і таким, який укладається винятково на підставі вільного волевиявлення сторін [3].

Активізація в Україні євроінтеграційних процесів обумовлює необхідність узгодження та гармонізації українського законодавства з європейською будівельною практикою. Так, активне інвестування закордонних партнерів у будівельну галузь України зумовлює необхідність адаптації договорів підряду, що використовуються вітчизняними компаніями, до міжнародних стандартів договорів.

Останні дослідження та публікації. Особливості організації будівельного виробництва та укладання договорів будівельного підряду відображені в роботах Ушацького С.А., Садовського В.І., Балицького В.С. та ін. Останні дослідження з даного питання спрямовані на досягнення консенсусу між вітчизняними та українськими суб'єктами господарювання відображені в роботах Вахович І.В., Цифри Т.Ю.,

Дана стаття має на меті виявлення прогалин між вітчизняним та європейським законодавством щодо укладання договорів будівельного підряду.

Виклад основного матеріалу. Останнім часом виникає потреба в актуалізації вітчизняних договорів до типових договірних проформ, що використовуються в країнах Західної Європи та Америки, розроблених міжнародною асоціацією інженерів-будівельників (FIDIC). Разом з тим, поряд з такою

гармонізацією виникає ряд суперечностей, які вимагають їх негайного вирішення. А саме:

- недостатнє розуміння термінології, правових принципів та положень, котрі містяться в проформах FIDIC, та їх відповідності чинному законодавству України;
- структурні викривлення проформ, порушення механізмів взаємодії їх частин (скорочення й трансформація, помилки або упущення при складанні Особливих умов та ієрархії документів, селективність та непослідовність змін тощо);
- суттєве порушення балансу інтересів сторін в результаті змін, що вносяться;
- недотримання імперативних вимог законодавства України;
- необізнаність іноземних інженерів щодо локальних особливостей, невідпрацьованих механізмів координації та взаємодії з локальними експертами;

Також, існує значна кількість міфів, що пов'язані із запровадженням стандартних проформ FIDIC. Так, багато хто вважає, що проформи FIDIC суперечать чинному українському законодавству, а тому не можуть бути застосовані в нашій країні. Спростовуючи це твердження варто розуміти, що Міжнародна федерація інженерів-консультантів досить чітко визначила, що запропоновані ними проформи це не догма, а лише посібник для роботи. Тобто, якщо існують розбіжності між національним законодавством та проформами FIDIC, то останні можуть бути доопрацьовані (перепрацьовані) з урахуванням національного права в частині Особливих умов. У будь-якому випадку, правові звичаї України будуть переважати над проформами FIDIC. Хоча, можливий і такий варіант, що в процесі активного використання проформ FIDIC чинне законодавство може бути змінене відповідно до рекомендацій FIDIC, наприклад як це зробив Казахстан.

Іншою проблемою вважають те, що угоди за проформами FIDIC можуть бути вкрай обтяжливими для Підрядника. Детальний аналіз книг FIDIC дозволяє стверджувати те, що контракти за умовами FIDIC являються достатньо збалансованими угодами. А досвідчений Підрядник може отримати значну кількість переваг від використання таких договорів, у тому числі й матеріальних.

До проблем, які стосується використання проформ FIDIC відносять наявність договорів лише англійською мовою. І справді, на сьогоднішній день первинний варіант проформ доступний лише англійською мовою, а офіційного перекладу на українську мову, котрий був би затверджений Міжнародною федерацією інженерів-консультантів, не існує. Але існують авторські переклади проформ і на українську, і на російську мови. При цьому питання, якою мовою мають бути написані договори, вирішується лише сторонами. Логічно буде припустити, що це мова, якою володіють всі сторони договору, або ж договір може бути двомовним.

Не варто оминати увагою й те, що контракти за проформами FIDIC мають значний обсяг та незвичну систематизацію. Дане питання вирішується виключно звиканням до такої структури та її вивченням. Але після детального опрацювання даних проформ, сторони приходять до висновку, що за ними не лише просто працювати, але разом з тим вони містять відповідь практично на будь-яке суперечливе питання. Те ж саме стосується і звітності, один раз розібравшись із запропонованими формами, сторони розуміють, що це дає змогу контролювати як процес будівництва, так і процес фінансування. А всі питання вирішуються шляхом своєчасного заповнення необхідних звітних документів.

Викладені вище проблеми можуть бути вирішені шляхом наступних дій з боку державних органів:

- затвердження офіційного перекладу всіх книг FIDIC на українську мову. При цьому, окрема увага має бути приділена узгодженню термінів та понять, що використовуються у проформах FIDIC, зі звичними для українських підрядних будівельних компаній;
- гармонізація чинного законодавства України та міжнародних проформ FIDIC (адаптація української законодавства до проформ FIDIC або навпаки) у сфері:
 - o повноважень інженерів-консультантів,
 - o строків відповідальності сторін одна перед одною,
 - o видів та форм оплати тощо;
- розробка положення про права та повноваження інженера-консультанта, при виконанні договорів підряду за проформами FIDIC. Положення повинні визначати функції та коло повноважень інженера-консультанта відповідно до кожної з Книг. Таке положення може бути розроблено на рівні Української асоціації інженерів-консультантів. У будь-якому випадку, основні функції, права та обов'язки інженера-консультанта мають бути відображені у договорі;
- створення форм звітних фінансових документів, котрі б відповідали як проформам FIDIC, так і чинним українським нормативним документам;
- підтвердження українськими інженерами-будівельниками кваліфікації „інженер-консультант” з правом бути проводити нагляд за будівельними об'єктами. Визначення порядку отримання сертифіката інженера-консультанта або іншого документа, що дозволяв би виконувати відповідні

функції. Визначення кола повноважень, функцій та обов'язків відповідно до Положення, мова про яке йшла вище;

- визначення порядку роботи закордонних інженерів-консультантів в Україні за умови їх залучення;
- створення консультативного центру (лінії) за участю Мінрегіону, провідних фахівців науково-дослідних інститутів (зокрема НДІБВ), юридичних компаній, інженерів-консультантів та учасників будівельного ринку, які виконували будівельні роботи з використанням проформ FIDIC;
- ознайомлення широкого кола керівників будівельних компаній з міжнародними напрацюваннями та їх популяризація серед українських підрядників;
- розширити склад робочої групи із запровадження проформ FIDIC в українську будівельну практику за рахунок включення до неї представників організацій, які мали досвід виконання будівельних робіт на основі проформ FIDIC. Можливо, використання досвіду країн СНД із розвитку та залучення проформ FIDIC в Україні, консультації з фахівцями та учасниками будівельного процесу країн СНД, наприклад Російської Федерації або Казахстану, які мали досвід роботи із проформами FIDIC.

Перелік запропонованих заходів є мінімально необхідним для впровадження міжнародних проформ FIDIC в українську будівельну практику.

Популяризація проформ FIDIC в Україні забезпечить наступні переваги:

- використання міжнародних стандартів та найкращих практик реалізації інвестиційно-будівельних проектів;
- передбачуваність, визначеність та відомість для іноземних партнерів;
- широке міжнародне співробітництво зі Світовим банком, ЄБРР та інші банки розвитку (МБР), транснаціональними корпораціями;
- гнучкість та комплексність регулювання, охоплення різних стадій та аспектів будівельного проекту;
- впровадження різних моделей управління проектом з відповідним розмежуванням відповідальності та збалансованим розподілом ризиків (РС, ЕРС, DBO/BOT);
- зниження собівартості проекту за рахунок ефективного механізму управління якістю будівельних робіт, можливими змінами та ризиками, контролю за видатками та ходом виконання робіт;
- економія ресурсів та часу на переговори та підготовку контрактів, наявний готовий інструментарій тендерного відбору;
- неперервність будівельного процесу при виникненні спорів та невизначених ситуацій;
- підвищення конкурентоспроможності проекту/ компанії/ експертів на внутрішніх та зовнішніх ринках; експорт послуг; міжнародна інтеграція.

Укладання договору будівельного підряду дозволяє сторонам здійснити оцінку процесів організації будівництва не обмежується єдиним показником, а

об'єднує в собі сукупність різнопланових критеріїв. Наприклад, до таких критеріїв відносяться своєчасність робіт, суміщення різнопланових робіт, неперервність використання фронтів робіт тощо. Перелічені показники є частинами загальної оцінки та є частинами комплексного інтегрального показника оцінки ефективності процесів організації будівництва.

Комплексна оцінка організації будівництва – ефективний метод оцінки організації будівництва, котрий заснований на всебічному порівнянні варіантів та оптимізації параметрів організації будівництва. Всебічна (системна) оцінка організації будівництва повинна виконуватися за всіма найбільш суттєвими, індивідуальними та частковими (диференціальними) критеріями, які за тією чи іншою методикою зводяться в єдиний (інтегральний) критерій. Будь-яке раціональне рішення, щодо організації будівельних процесів на підрядному підприємстві, може бути прийнято лише в результаті оцінки за тими чи іншими критеріями можливих варіантів та вибору серед них найбільш доцільного. На практиці в підрядній організації здійс-

нюють оцінку багатьох індивідуальних та часткових (диференційованих) критеріїв та показників організації будівництва. До складу індивідуальних критеріїв організації будівництва часто включають [1]:

- тривалість будівництва;
- собівартість одиниці продукції;
- трудомісткість одиниці продукції;
- рівень збірності будівництва;
- виробіток на одного працівника тощо.

Вказані індивідуальні критерії задаються у відповідності з нормативними документами, завданням замовника, за даними ПОБ та ППР або визначаються розрахунковим шляхом на основі укладеного між контрагентами договору підяду. Зазвичай, у проектах ПОБ та ПВР використовуються типові проектні розробки з організації будівництва та виробництва будівельних робіт, технологічні карти та схеми на виробництво окремих видів робіт, схеми комплексної механізації, карти трудових процесів, креслення механізованих установок, засоби малої механізації та інвентарних пристосувань тощо [2].

Висновки

Основним документом, який визначає взаємовідносини між учасниками будівельного процесу є договір підяду. При цьому, договір не лише визначає права та обов'язки сторін, але й дає можливість оцінити основні техніко-економічні параметри майбутнього будівництва.

Основною перешкодою, котра виникає на шляху активної співпраці українських та європейських суб'єктів господарювання щодо будівництва є відсутність спільних законодавчих норм, котрі б задовольняли всі сторони. Саме виявлення таких розбіжностей та методи їх узгодження запропоновані вище.

Література

1. Комплексная оценка организации строительства. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://stroylib.narod.ru/ted/zsl-kz77z/index.html>
2. Организация строительства. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ndpi.kiev.ua/design/organizaciya-stroitelstva>
3. Договір побутового підяду. Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.kursaki.com/dohovir-pobutovoho-pidryadu/4/>

Ловейкін В.С., Човнюк Ю.В., Ляшко А.П., Ткачук Л.Б.¹.

МЕТОД АНАЛІЗУ ФРИКЦІЙНИХ АВТОКОЛИВАНЬ ПРИВОДІВ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. Наведена й математично строго обґрунтована модель та метод розрахунку коливних процесів у механічних системах, котрі описуються нелінійними диференціальними рівняннями. Розглянутий приклад його реалізації й показано, що цей метод призводить до відомих умов автоколивань приводів механічних систем.

SUMMARY: Model and [design method](#) of [oscillating process](#) in mechanical system are presented and strictly mathematically justified. They are described by nonlinear differential equations. The example of its implementation is considered. It is shown that this method leads to known conditions oscillation drive mechanical systems.

Постановка проблеми. Фізичні процеси, які відбуваються у механічних об'єктах, у загальній постановці задача досить складні, їх математичні аналоги зводяться до нелінійних диференціальних рівнянь, які не можуть бути розв'язані у скінченному виді чи у квадратурах. Тому великого значення при розв'язуванні таких математичних моделей набули якісні та наближені методи, роль та значення котрих для практичних цілей невинно зростають. З цією метою пропонується загальний метод чисельно-аналітичного дослідження коливних процесів, який ефективно може бути використаний на практиці при проведенні інженерних розрахунків, для розв'язку нелінійних диференціальних рівнянь, що описують нелінійні динамічні процеси у механічних об'єктах з ідеальними та неідеальними джерелами енергії, з впливом нелінійних сил тертя, корисного опору на фізичні процеси у моделях.

Аналіз публікацій по темі дослідження.

Коливні процеси у механічних системах вивчалися у роботах [1-8]. Автори вказаних робіт, як правило, використовували нелінійні диференціальні рівняння у якості математичних моделей нелінійних динамічних процесів у механічних системах, зокрема, у приводах, що взаємодіють з джерелами енергії, у котрих наявні нелінійні сили опору. Результати цитованих вище робіт будуть частково використані у даному дослідженні.

Мета даної роботи полягає у обґрунтуванні загального чисельно-аналітичного методу дослідження фрикційних автоколивань приводів механічних систем.

Виклад основних результатів дослідження.

Нехай загальне нелінійне диференціальне рівняння коливної системи має вид:

$$u'' + f(u) \cdot u' + g(u) = l(t), \quad (1)$$

де $(\quad)' = \frac{d}{dt}(\quad)$, t – час, u – переміщення.

У загальному випадку про інтегрувати рівняння (1) неможливо, оскільки $f(u)$, $g(u)$ – нелінійні функції u .

Для ліквідації цього недоліку пропонується використовувати метод еквівалентної лінеаризації для отримання простих аналітичних залежностей, зручних

згідно з яким функції $f(u)$, $g(u)$ лінеаризуються шляхом заміни:

$$f(u) \cdot u' \rightarrow K_1(u_0) \cdot \tilde{u}', \quad (2)$$

$$g(u) \rightarrow K_2(u_0) \cdot \tilde{u}. \quad (3)$$

Тут $\tilde{u}$ означає необмежений розв'язок по відношенню до точного u :

$$K_1(u_0) = f(u_0), \quad (4)$$

$$K_2(u_0) = \frac{g(u_0)}{u_0}. \quad (5)$$

Умова $u_0 \neq 0$ завжди може бути досягнута зсувом шуканого розв'язку на постійну величину $a \neq 0$, для цього обираємо $u_0(t) = u(t) + a$.

Початкові умови для точного та лінеаризованого розв'язків при $t=0$ наступні:

$$u(0) = \tilde{u}(0) = u_0 \neq 0; \quad (6)$$

$$u'(0) = \tilde{u}'(0) = u'_0. \quad (7)$$

Таким чином, розв'язок нелінійного диференціального рівняння (1) зводиться до розв'язку звичайного диференціального рівняння:

$$\tilde{u}'' + K_1(u_0) \cdot \tilde{u}' + K_2(u_0) \cdot \tilde{u} = l(t). \quad (8)$$

Інтегрування диференціального рівняння (8) не представляє труднощів. Оцінка похибки між точним і наближеним розв'язками здійснена у [5].

Явний вигляд рівняння (8) для наближеного розв'язку (1) дозволяє виписати умови авто коливного збудження у механічній системі у такому виді [2-4]:

$$K_1(u_0) < 0, K_2(u_0) > \frac{1}{4} \cdot K_1^2(u_0), \quad (9)$$

причому (8) виконуються для всіх u_0 .

У зв'язку з (8) маємо для частоти автоколивань:

$$\omega = \sqrt{\left(K_2(u_0) - \frac{1}{4} \cdot K_1^2(u_0) \right)}. \quad (10)$$

Наведений вище метод розрахунку коливних процесів зрозумілим чином узагальнюється й на механічні системи, які моделюються рівняннями, відрізненими від (1).

¹ Ловейкін В.С., д.т.н., проф., Човнюк Ю.В., к.т.н., доц., Ляшко А.П., асп., Ткачук Л.Б., асп. Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Обмежимося тут розглядом конкретного прикладу. Для цього застосуємо розвинуту методику для розрахунку фрикційних автоколивань привода механічної системи [1, 6-8], яка моделюється рівнянням:

$$I \cdot \ddot{\phi} + c \cdot \dot{\phi} = P - F(\dot{\phi}). \quad (11)$$

Тут I – постійний момент інерції; c – коефіцієнт жорсткості пружного елемента; P – постійна величина зовнішнього навантаження; $F(\dot{\phi})$ – характеристика сили тертя, яка описується нелінійною функцією кутової швидкості:

$$F(\dot{\phi}) = F_0 - F_1 \cdot \dot{\phi} + F_2 \cdot \dot{\phi}^3 - F_3 \cdot \dot{\phi}^5, \quad (12)$$

де $F_0 > 0, F_1 > 0, F_2 > 0, F_3 > 0$ – постійні величини [1, 6, 7].

Використовуючи процедуру еквівалентної лінеаризації, перепишемо рівняння (11) у вигляді:

$$\ddot{\phi} + \frac{1}{I} \cdot (-F_1 + F_2 \cdot \dot{\phi}^2 - F_3 \cdot \dot{\phi}^4) \cdot \dot{\phi} + \frac{c}{I} \cdot \dot{\phi} = \frac{P}{I} - \frac{F_0}{I} \quad (13)$$

Повторюючи наведені вище міркування, з (13) матимемо лінеарування рівняння:

$$\ddot{\phi} + K_1(\dot{\phi}_0) \cdot \dot{\phi} + K_2 \cdot \dot{\phi} = \frac{P}{I} - \frac{F_0}{I}. \quad (14)$$

де

$$K_1(\dot{\phi}_0) = \frac{1}{I} \cdot (-F_1 + F_2 \cdot \dot{\phi}_0^2 - F_3 \cdot \dot{\phi}_0^4), \quad (15)$$

$$K_2 = \frac{c}{I}$$

Рівняння (15) доволі точно моделює механічні процеси фрикційних автоколивань приводів механічних систем (наприклад дискової пилки тертя). Воно дозволяє виписати умови наявності у системі автоколивань [3, 4]:

$$F_1 + F_3 \cdot \dot{\phi}_0^4 > F_2 \cdot \dot{\phi}_0^4, c > \frac{1}{4} \cdot \frac{1}{I} \cdot (F_1 - F_2 \cdot \dot{\phi}_0^2 + F_3 \cdot \dot{\phi}_0^4)^2, \quad (16)$$

Причому нерівності (16) повинні виконуватись для всіх $\dot{\phi}_0$.

Висновки

1. Із врахуванням позначень (15) видно, що розвинута методика при чотирьохчленній апроксимації $F(\dot{\phi})$ призводить до добре відомих результатів, отриманих іншими способами, що дозволяє строго математично обґрунтувати їх достовірність [1, 6-8].
2. Отримані у роботі результати можуть бути у подальшому використані для уточнення і удосконалення існуючих інженерних методів розрахунку та аналізу параметрів фрикційних автоколивань приводів механічних систем.

Література

1. Биферман В.Л. Теория механических колебаний / В.Л. Биферман. – М., 1980.
2. Вибрации в технике: Справочник. Колебания нелинейных механических систем / под. Ред. И.И. Блехмана. – Т.2. – М.: Машиностроение, 1979.
3. Теодорчик К.Ф. Автоколебательные системы / К.Ф. Теодорчик. – М. 1944.
4. Андронов А.А. Теория Колебаний / А.А. Андронов, А.А. Витт, С.Э. Хайкин. – М., 1959.
5. Мартыненко М.Д. О колебательных процессах в механических системах / М.Д. Мартыненко, Н.А. Докукова, Л.И. Бойко // Инженерно-физический журнал. - 1999. – Т.72. - №3. – С.491-494.
6. Пановко Я.Г. Введение в теорию механических колебаний / Я.Г. Пановко. – М., 1991.
7. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин / Н.И. Левитский. – М., 1991.
8. Берестнев О.В. Аналитические методы механики в динамике приводов / О.В. Берестнев, А.Г. Гоман, Н.Н. Ишин. – Минск, 1992.

Клименко М.О., Луценко Я.О., Погребняк Т.С.¹

ОСОБЛИВОСТІ ПРИГОТУВАННЯ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ ТА ВИКОНАННЯ БЕТОННИХ РОБІТ ПРИ ЗВЕДЕННІ БЕТОННИХ КОНСТРУКЦІЙ ПІД ВОДОЮ

АНОТАЦІЯ. Наведено особливості конструкції машин та технологічного виконання робіт для підводного бетонування. Запропоновано шляхи раціоналізації конструкцій та їх оптимальних параметрів.

SUMMARY: The peculiarities of construction machinery and technological works for underwater concreting are given. There are ways of rationalizing structures and their optimal settings.

Постановка проблеми. Підводним бетонуванням називається укладання бетону під водою без улаштування перемичок і, за можливості, без виконання водовідливних робіт.

Підводне бетонування застосовується при зведенні підводних елементів опор мостів, веж, вітрові електростанції та ліній електропередач, фундаментів при проведенні будівельних і ремонтних робіт на об'єктах гідротехнічного призначення, заповненні пустотілих залізобетонних конструкцій тощо (рис.1-2).



Рис. 1.



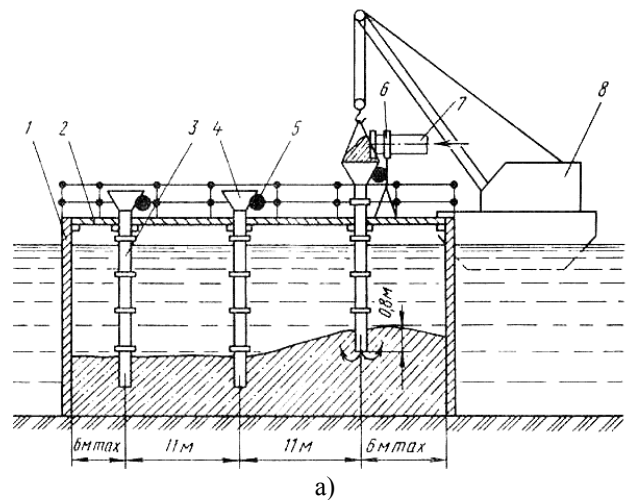
Рис.2.

Для успішного проведення такого бетонування необхідно вирішити два основних завдання: перешкодити вільному падінню розчину через шар води і захистити укладений бетон від розмивання.

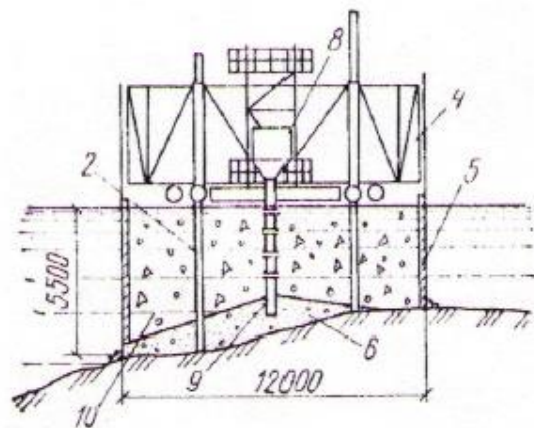
Мета даної роботи полягає в аналізі особливості конструкції машин та технологічного виконання робіт для підводного бетонування.

Виклад основних результатів дослідження. Серед існуючих методів підводного бетонування найбільш використовуваними є наступні:

1. Вертикально переміщуваної труби (ВПТ) (рис. 3, а).
2. Висхідного розчину (ВР) (рис. 3, б).



а)



б)

Рис. 3. Найбільш використовувані методи підводного бетонування

Перший метод є найбільш ефективним при проведенні робіт на глибині від 1,5 до 50 метрів і необхідності отримання високоміцної монолітної підводної споруди. Бетонування конструкції здійснюється

¹ Клименко М.О., к.т.н., доцент., Луценко Я.О., студентка, Погребняк Т.С., студентка, Київський національний університет будівництва і архітектури

в котловані, огороженому від впливу проточної води.

Для доставки бетонної суміші в котлован використовують сталеві безшовні труби. Діаметр труб становить 200-300 мм, збираються вони ланками довжиною до одного метра на легкокорозійних з'єднаннях, захищених від проникнення в них води. Труби підв'язуються до крана або лебідок, які закріплюються на надбудові огороження котловану. На верхньому торці труби знаходиться воронка, на нижньому - металеві клапани, що відкриваються з риштування. Радіус дії труб - до 6 м. Число труб повинно бути таким, щоб їх кругові зони перекривали всю площу котловану.

Труби, опущені до дна котловану з мінімальним зазором і перекриті клапанами, до самого верху заповнюються бетонним розчином. Бетон виготовляють, використовуючи гравій або суміш гравію з 20-30% щебню з обов'язковим додаванням пластифікуючих модифікаторів. Розчин подається за допомогою бетононасосів, пневмонагнітачів тощо.

Після відкриття клапанів суміш, що виходить з труб, розтікається по площині котловану. Бетонування конструкції без підйому труби триває, поки бетон не підніметься над нижнім краєм труби на 0,8-1,5 метра.

Нижній кінець труби повинен постійно розташовуватися на рівні, який не менше ніж на 0,8 м нижче поверхні покладеного розчину при глибині до 10 м та на 1,5 м при глибині виробництва робіт до 20 м.

Після підняття труби на висоту ланки роботи тимчасово припиняють, верхня ланка демонтують, слідкуючи, щоб вода не потрапляла в трубу. Після встановлення воронки в нову трубу бетонування відновлюють.

Бетонування продовжують до висоти, яка на 2% вище проектного вертикального розміру елемента, але не нижча за 100 мм. Після досягнення певної величини міцності слабкий верхній шар видаляється.

При другому методі – висхідного розчину – в центральній частині бетонованого блоку монтують шахту з ґратчастими стінками, звареними з сталевого прокату. У шахту опускають трубу діаметром близько 100 мм. Труба складається з ланок завдовжки до 1 м на легкокорозійних з'єднаннях, захищених від потрапляння води.

Обмежений опалубкою простір заповнюється кам'яною накидкою. Порожнечі заповнюють цементним розчином.

Труба постійно повинна бути опущена в розчин на глибину не менше 0,8 м. Зі збільшенням рівня бетонування верхні ланки труби демонтують. Після часткового затвердіння надлишок розчину з поверхні видаляють. Даний метод є гравітаційним, оскільки розтікання цементної суміші відбувається під напором стовпа розчину.

Ін'єкційний спосіб напірного бетонування полягає в подачі під тиском цементного розчину по трубах, встановлених безпосередньо в кам'яну засипку.

Розчин піднімається знизу вгору, витісняючи з пустот засипку воду.

Метод Висхідного розчину (ВР) має певні переваги в порівнянні з Вертикально переміщуваною трубою (ВПТ), а саме:

- наявність бетонного заводу стає необов'язковим, досить розчино-змішувальної установки;
- немає необхідності в транспортуванні бетону, що виключає можливість розшарування суміші;
- застосовується зручна роздільна подача великих заповнювачів і цементної суміші.

Недоліками способу Висхідного розчину ВР є:

- необхідність ретельного відбору величини зерна піску;
- збільшення кількості труб;
- порожнечі не завжди надійно заповнюються розчином.

Поряд з вищезначеними проблемами процесу бетонування досить гостро постає питання виготовлення та передачі будівельного розчину до місця його укладання. Це пов'язано насамперед з значним обсягом суміші, що має біти укладений, а в деяких випадках до того ж в дуже стислий термін.

Як відомо, бетон, що використовується в гідротехнічному будівництві, крім традиційних вимог щодо міцності повинен відповідати підвищеним вимогам щодо його щільності, швидкості набору міцності, водонепроникності і витривалості до корозійного впливу води (особливо морської). Ці вимоги досягаються шляхом використання домішок, об'єм яких не перевищує 1-2%, але які разом з тим мають бути розподілені по усьому об'єму рівномірно. Цього можна досягти виключно в умовах інвентарних бетонних заводів, що мають високу точність дозування сировинних компонентів та якісне і швидке їх перемішування.

І якщо для звичайного будівництва це не становить проблем завдяки використанню автобетонозмішувачів та бетононасосів (рис. 4), то при зведенні гідротехнічних споруд це спонукає до розташування потужних бетонних заводів в безпосередній близькості до місця проведення бетонних робіт (рис. 5).



Рис. 4.



Рис. 5.

При цьому сам процес укладання відбувається по чергові: спочатку до найближчих місць, а згодом через них до наступних, більш віддалених (рис.6).



Рис. 6. Особливості надходження бетону до місця укладання поряд з берегом

Ситуація ще більше ускладнюється за необхідності виконання бетонних робіт на значній відстані від берега, або у відкритому морі.

Провідними виробниками, такими як Skako, Batchtec, EUROTEC ASIA PACIFIC та ін., дана проблема вирішується шляхом розташування бетонозмішувального заводу разом зі складами інертних заповнювачів (пісок, щебінь), цементу та водою безпосередньо на плавучій платформі (рис. 7-8). До складу заводу входять від 2 до 4 лоткових або гравітаційних змішувачів, які забезпечують сумарну продуктивність в межах 150-500 м³/год.



Рис. 7. Бетонозмішувальний завод фірми EUROTEC ASIA PACIFIC



Рис. 8. Бетонозмішувальний завод фірми Batchtec

За результатами досліджень запропоновано наступний спосіб укладання тампонажного шару в шпунтового огорожі. Технічний результат - поліпшення якості тампонажного шару і зниження кількості бетону в тампонажному шарі на будівництві опор мостів, фундаментів під маяки і т.д. в шпунтового огорожі. Бункер з бетонолитной трубою і закритим водонепроникним затвором завантажують бетоном з бетонозмішувача, переносять бункер в шпунтове огороження в місце, де необхідно провести бетонування, і встановлюють бетонолитную трубу затвором на ґрунт. Після цього розфіксується затвор. Піднімають бункер з бетонолитной трубою на висоту 0,5-0,6 діаметра труби і укладають порцію бетонної суміші, що дорівнює об'єму бункера в потрібному місці. Після укладання порції бетонної суміші бункер з бетонолитной трубою виймають, закривають водонепроникний затвор і завантажують бункер бетонної сумішшю, після чого процес повторюється.

За існуючого способу бетонування, як відомо, за рахунок регулювання ступеня відкриття клапана бетонна суміш, слідує за пробкою, поступово опускається вниз і через нижній кінець труби випускається на поверхню підводного ґрунту. Для подальшого бетонування необхідно піднімати трубу і проводити бетонування по висоті.

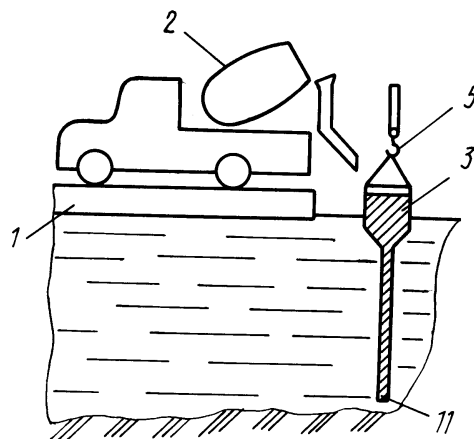


Рис. 9.

Недоліком цього способу є те, що затвор розташований на деякій відстані від кінця бетонолитної труби і вода з ґрунтом потрапляє в бетонну суміш. Це призводить до неоднорідності бетону.

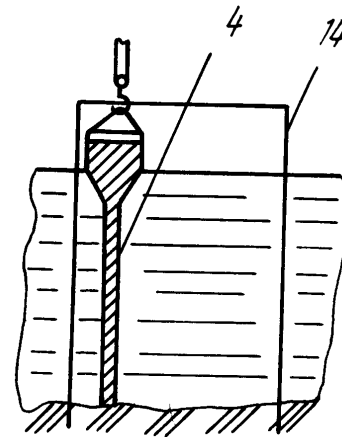
В розробленій конструкції завантажують бетоном бункер з бетонолитною трубою, кінець якої герметично закритий затвором, потім ущільнюють бетонну суміш в бетонолитній трубі вібратором і відкривають затвор. Після чого опускають бетонолитну трубу до низу бетонируемой конструкції і піднімають на висоту 10-15 см, включають вібратор і укладають бетон. Наступним заповненням бетонною сумішшю бетонолитної труби лідерним її підйомом произго способу ТВП є те, що для досягнення однорідності укладається бетонної суміші необхідно постійне розташування кінця труби у раніше укладеному бетоні.

При бетонуванні, наприклад, набивних паль цей метод широко застосовується. Але при бетонуванні великих площ потрібна установка декількох таких пристроїв для безперервності тампонажного шару. Але в цьому випадку точне дозування бетонної суміші не гарантується.

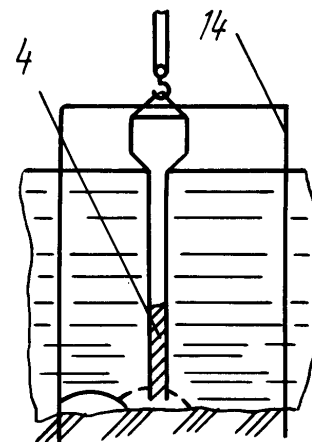
Технічним результатом пропозиції є зниження металоемності, можливості точного дозування в будь-якій точці площі бетонування, збільшення міцності бетону за рахунок збільшення жорсткості бетонної суміші, виключення необхідності зсуви раніше покладеного масиву бетону. Крім того, виключається необхідність безперервності бетонування, пов'язаної з не обов'язковістю заглиблення бетонолитної труби в раніше покладений бетон. Технічний результат досягається за рахунок того, що в способі укладання тампонажного шару в котловані, огороженій шпунтом, що включає підводний укладання бетону на дно котловану окремими ділянками шляхом установки на дні котловану завантаженого бетоном бункера з прикріпленою до нього бетонолитною трубою, нижній кінець якої перекритий затвором зі стулками, підйом труби з одночасним виливом з неї бетону при розкритих стулках затвора і з розміщенням при цьому нижнього торця труби в изливаемом бетоні, здійснюють на висоту, рівну 0,5-0,6 її діаметра, а вилив бетону здійснюють в обсязі, рівному обсягу бункера, причому після виливу бетону витягують трубу з котловану при закритих стулках кресленнями, де зображено: на рис.10, а завантаження бетонолитної труби при закритому водонепроникному затворі (рис.10, б) - установка бетонолитної труби в шпунтового огорожі на ґрунт (рис.10, в) - підйом бетонолитної труби на 0,5-0,6 її діаметра і укладання порції бетонної суміші; на укладання бетонної суміші на черговій ділянці котловану; водонепроникний затвор.

На плавучій опори 1 встановлений бетонозмішувач 2, який завантажує бункер 3 з бетонолитною трубою 4, піднімаємий гаком крана 5.

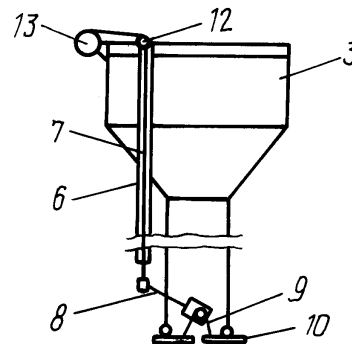
В бункері 3 проходить напрямна труба 6, в якій розташований трос 7, пов'язаний через важіль 8 і тяги 9 з встановленими шарнірно стулками 10 водонепроникного затвора 11.



а)



б)



в)

Рис. 10

Трос 7 пов'язаний через блочок 12 з лебідкою 13, встановленої на бункері 3.

Спосіб здійснюється наступним чином.

Бункер 3 з бетонолитною трубою 4 і закритим водонепроникним затвором 11 завантажують бетонною сумішшю з бетонозмішувача 2, встановленого на плавучій опори 1, потім краном переносять бункер 3 з бетонолитною трубою 4 в шпунтове огороження 14 в місце, де необхідно провести бетонування, і встановлюють бетонолитну трубу 4 затвором 11 на ґрунт.

Після цього розфіксується стулки 10 затвора 11, стравив трос 7 лебідки 13.

Торець бетонолитной труби в цей час розташовується в укладиваемом бетоні. Експериментально було з'ясовано, що при завантаженні повністю бункера 3 об'єму 2,5-3,0 куб.м. для укладання бетонної суміші на ґрунт необхідно підняти бетонолитную трубу 4 на 0,5-0,6 її діаметра /діаметр бетонолитной труби 300 мм/.

Після укладання бетонної суміші бункер 3 з бетонолитной трубою 4 витягують з води, закривають

стулки 10 водонепроникного затвора 11, підтягнувши трос 7 лебідкою 13, і знову завантажують бункер 3 бетонною сумішшю.

Бетонолитную трубу 4 подають вже до раніше покладеної бетонного шару і, виконавши ті ж операції, укладають нову порцію бетонної суміші з перекриттям на раніше покладений бетон.

Процес повторюється до повного укладання тампонажного шару в шпунтового огорожі.

Висновки

1. Виконаний аналіз дозволяє запропонувати шляхи вирішення проблеми здійснення значної кількості робіт з підводного бетонування.
2. Розглянуті світові тенденції дозволяють рекомендувати розробку багатотонажних високопродуктивних бетонних заводів, змонтованих на плавучих платформах, що дозволяє оперативно вирішувати питання забезпечення дуже великої кількості бетонної суміші у віддалених від берега місцях.

Література

1. Назаренко І.І. Машины для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. – К.: КНУБА, 1999. – 488 с.
2. Костерин Э.В. Основания и фундаменты. М.: Высшая школа, 1978.
3. Кудрявцев Е.М. Теоретические основы комплексной механизации строительства / Е.М. Кудрявцев // Механизация строительства. – 1996. – № 5. – С. 19 – 21.

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА БУДІВНИЦТВА

Науково-технічний журнал

Випуск 14

Адреса редакції:

03037, м. Київ,
Просп. Повітрофлотський, 31,
тел.: 241-5447, тел./факс: 252-4214

Формат 60х84/8.

Наклад 300. Папір офсетний. Ум.-др. арк. 4,1.

Надруковано в “МП Леся”.

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб’єктів видавничої справи серія ДК № 892 від 08.04.2002.

“МП Леся”

03148, Київ, а/с 115.

Тел./факс: + 38 050 469 7485, 407 6197