

Техніка Будівництва



28, 2012

Техніка Будівництва



Науково-технічний журнал

№28, 2012

УДК 623.413:625.7:69.002

**ТЕХНІКА
БУДІВНИЦТВА**

Науково-технічний журнал
28 '2012

Видається з 1997р. двічі на рік

Свідоцтво про державну реєстрацію КВ №1250 від 17.02.95 р.

Засновники: Академія будівництва України,
Київський національний університет будівництва і архітектури

Редакційна колегія:

Назаренко І.І., д-р техн. наук (Головний редактор)
Адріанов В.П.; Антонюк А.Є.; канд. техн. наук; Бойко І.П., д-р техн. наук;
Барашиков А.Я., д-р техн. наук; Войтенко С.П., д-р техн. наук;
Гончаренко Д.Ф., д-р техн. наук; Злобін Г.К., Баранов Ю.О. (відповідальний секретар);
Кривенко П.В., д-р техн. наук; Лівінський О.М., д-р техн. наук;
Ловейкін В.С., д-р техн. наук; Муляр Л.Х., канд. арх., Олійник О.Я., д-р техн. наук;
Рунова Р.Ф., д-р техн. наук; Сівко В.Й., д-р техн. наук;
Смірнов В.М., канд. техн. наук (затупник головного редактора);
Сукач М.К., д-р техн. наук; Хмара Л.А., д-р техн. наук; Черненко В.К., д-р техн. наук;

Рекомендовано до друку Вченою радою
Київського національного університету будівництва і архітектури
Протокол № 58 від 29.10.2010 р.

Редактор Свідерський А.Т.
Комп'ютерна верстка Басараб В.А.
Коректор Крашевська Л.Г.

Мова видання: українська і російська

© Техніка будівництва, 2012

ЗМІСТ

Техніка для земляних та дорожніх робіт

Смірнов В.М., Головань В.П. Наукові основи формування вискоєфективних робочих органів будівельних машин.....4

Машини і обладнання технологічних процесів будівельної індустрії

Назаренко І.І., Корнійчук Б.В. Аналіз схем перестановки автомобільних коліс.....12
 Нестеренко М.П. Вискоєфективні пружні опори для вібраційних площадок із просторовими коливаннями робочого органа.....15
 Назаренко І.І., Міщук Є.О. Оцінка енергоємності процесу подрібнення будівельних матеріалів.....20
 Зайченко С.В. Дослідження процесу формування кільцевої конструкції роликівим робочим органом конічної форми.....29
 Баранов Ю.О., Клименко М.О. Критерії вибору змішувача сухих будівельних сумішей.....34
 Сівко В.Й., Кузьмінець М.П. Динамічна математична модель робочого процесу формування залізобетонних виробів.....41

Технологія і організація виробництва

Черненко К. В. Основні положення методики вибору технології піднімання укрупнених надважких і великорозмірних покриттів з одночасним влаштуванням постійних опор.....46
 Нестеренко І.С. Стадії та етапи проведення оцінки нерухомості.....51
 Гембарський Л. В. Дослідження типових ґрунтових умов при реконструкції фундаментних систем.....55
 Голубничий А.В. Термодинаміка і фактичне мінералоутворення при сумісному нагріві і випалюванні двокомпонентних керамічних шихт „вогнетривка глина – залізовмісний шлак”.....60
 Бондарчук О.В. Структурная модель мультипроекта реструктуризации и развития организаций.....66

Моделювання технологічних процесів

Пелевін Л.Є., Пристайло М.О. Обґрунтування вибору геометричних та динамічних параметрів моделювання різання ґрунту наконечником з консоллю.....70
 Шаляпіна Т.С. Оцінка та аналіз моделей і методів прийняття ефективних рішень при оптимізації рівня механізації будівельних організацій.....76
 Гембарська М. О. Імітаційні випробування буронабивних паль з використанням кінцевоелементних моделей.....80

Підйомно-транспортні машини

Коваленко С.О., Оцінка експлуатаційних режимів автокранів.....84
 Заліско І.І., Експериментальні дослідження напружень і деформацій опорного обладнання автомобільного крану.....88
 Терновий В. І., Молодід О. С. Залежність показників реставраційної цем’янової штукатурки від стану основи.....93



Техніка для земляних та дорожніх робіт

УДК 624.132

*В.М. Смірнов, к. т. н., проф.,
В.П. Головань, к. т. н., доцент*

НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ БУДІВЕЛЬНИХ МАШИН

АННОТАЦІЯ. Наведено результати роботи з наукового напрямку “Наукові основи формування вискоефективних робочих органів будівельних машин” кафедри основ професійного навчання факультету автоматизації і інформаційних технологій КНУБА за 10 років існування кафедри.

Одна із тематик даного наукового напрямку – теоретичні основи створення нових конструкцій бурильного обладнання для роботи на міцних, а також на півзв’язних складних ґрунтах, які потребують використання спеціальних робочих органів.

Наведено відомості про основні розробки, використання яких дозволить підвищити ефективність буріння свердловин для будівельного виробництва.

Ключові слова: ґрунти, свердловини, обладнання.

АННОТАЦИЯ. Приведены результаты работы по научному направлению “Научные основы формирования вискоефективных рабочих органов строительных машин” кафедры основ профессионального обучения факультета автоматизации и информационных технологий КНУСА за 10 лет существования кафедры.

Одна из тематик данного научного направления – теоретические основы создания новых конструкций бурильного оборудования для работы на прочных, а также на полусвязных сложных грунтах, которые требуют использования специальных рабочих органов. Приведены сведения об основных разработках, использование которых позволит повысить эффективность бурения скважин для строительного производства.

Ключевые слова: грунты, скважины, оборудование.

SUMMARY. Job performances over are brought to scientific direction "Scientific bases of forming of working organs of building machines" of department of bases of the vocational training of faculty to automation and information technologies of KNUCA for 10 of existence of department.

One of subjects of this scientific direction are theoretical bases of creation of new constructions of boring equipment for work on durable, and also on semi coherent difficult soils that require the use of the special working organs. Information over is brought about basic developments the use of that will allow to promote efficiency of well-drilling for a building production.

Вступ. Робота з наукового напрямку “Наукові основи формування вискоефективних робочих органів будівельних машин” розпочата ще до 1990р. на кафедрі будівельних машин і продовжується на кафедрі основ професійного навчання КНУБА протягом останніх 10 років з моменту її створення.

В даній статті наведені результати роботи по одній із тематик даного наукового напрямку – теоретичні основи створення нових конструкцій спеціального бурильного обладнання для роботи в міцних та півзв’язних складних ґрунтах. Необхідність проведення вказаних досліджень пов’язана з тим, що вітчизняна бурильна техніка, яка використовується у будівельному виробництві поряд з зарубіжною не завжди відповідає сучасному рівню машинобудування і тому потребує вдосконалення існуючих машин та розробки нових конструкцій спеціальних робочих органів.

Виклад основного матеріалу. Так, при бурінні свердловин невеликих діаметрів – до 400 мм використовують бурильні машини невеликої потужності із шнековими лопатевими робочими органами суцільного руйнування забою, які рекомендується оснащати косокутними різальними елементами. Для підвищення ефективності буріння свердловин невеликого діаметру в ґрунтах середньої міцності існуючими бурильними машинами з

невеликою масою і потужністю рекомендується в бурі суцільного руйнування забою використання лопатевої ґрунторуйнівної частини нової конструкції з косокутними різальними елементами, що мають по дві різальні кромки [1, 2].

Підвищення стійкості різців досягається за рахунок раціональної схеми їх розстановки в плані і по вертикалі з врахуванням швидкостей осьової подачі та обертання бура і зміни кількості на різних лініях різання. Схема запропонованої конструкції ґрунторуйнівної частини лопатевого бура подана на рис. 1 а, б.

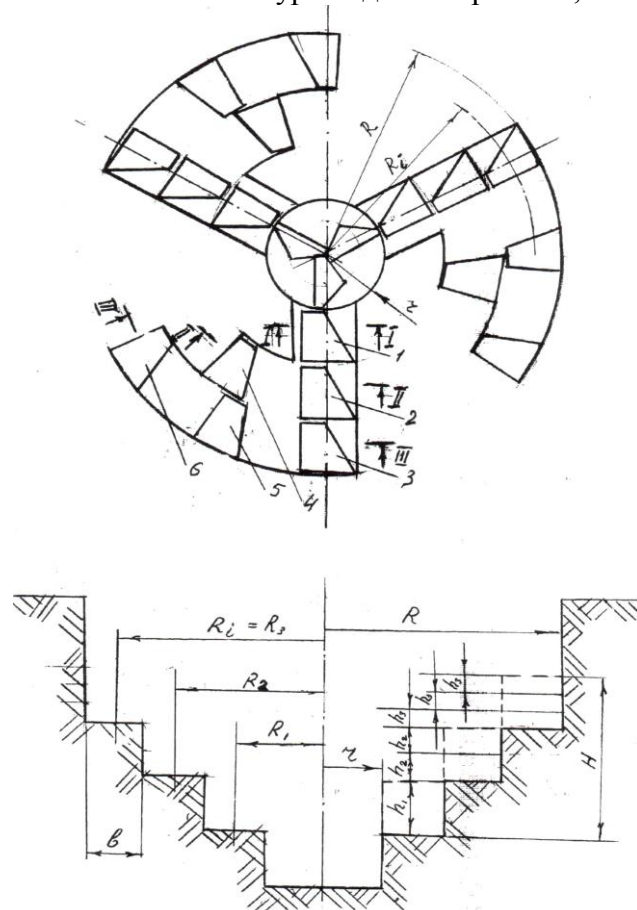


Рисунок 1. Схема ґрунторуйнівної частини лопатевого бура з косокутними різцями:
а – розташування різців; б – схема забою.

Застосування запропонованої конструкції ґрунторуйнівної частини бура порівняно з існуючими дає змогу зменшити енергоємність процесу буріння за рахунок зменшення сил різання, підвищити стійкість різців за рахунок рівномірного розподілу на них навантаження, підвищити продуктивність буріння.

Задача підвищити ефективність буріння свердловин великого діаметра (750...900мм) вирішується за рахунок використання кільцевих бурів з секційними ґрунторуйнівними вінцями нової конструкції. Кільцеві бури руйнують ґрунт по периферії, утворюючи кільцевий проріз, який відділяє внутрішній об'єм ґрунта – kern від ґрунтового масиву. Таким чином має місце зменшення площі руйнування ґрунту, що дозволяє збільшити напірне зусилля на кожному різці.

Зменшення опору руйнування ґрунту при створенні кільцевого прорізу в даній конструкції досягається за рахунок використання ґрунторуйнівного вінця з косокутними різальними елементами, в яких різальна кромка розташована під кутом γ_{nl} до напрямку різання.

Схема секції ґрунторуйнівного вінця запропонованої конструкції кільцевого бура подана на рис. 2 а, б, в.

Для буріння свердловин великих діаметрів (400...900 мм) доцільно використовувати кільцеві бури, які руйнують ґрунт, створюючи кільцевий проріз, з наступним видаленням



керна, що утворюється в кільцевому корпусі. Грунторуйнівний вінець оснащений кількома різучими секціями, яка складається кожна із трьох різців: переднього центрального – 1, що являє собою двогранний ніж розташований фронтально, який робить центральний проріз посередині; бокових 2 і 3 косокутних різців кожен із двома різальними кромками (з кутами різання δ_1 та δ_2) (рис. 3), одна з яких 1 відокремлює ґрунт від торцевої поверхні забою (вгору), а друга (2) відокремлює ґрунт в бік центрального прорізу, зробленого переднім різцем.

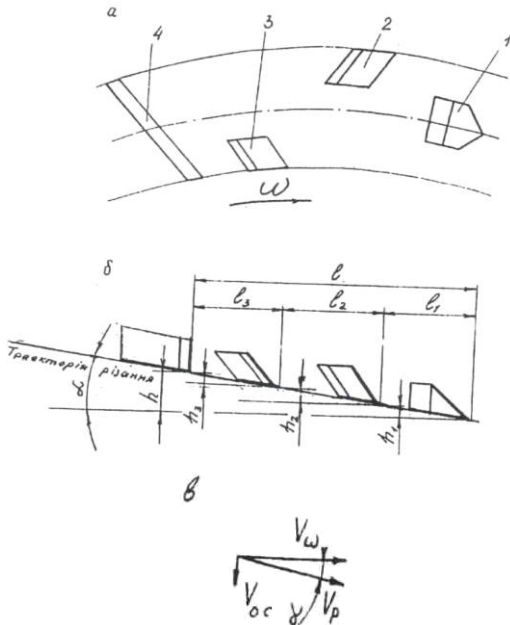


Рисунок 2. Схема секції ґрунторуйнівного вінця кільцевого бура:

a – схема розстановки різців в плані;

б – схема заглиблення різців;

в – схема визначення швидкості різців.

Відгрібаючий скребок 4 відгрібає зруйнований різцями ґрунт до зовнішньої стінки свердловини для подальшого транспортування його на поверхню шнеком, що закріплений на зовнішній поверхні циліндричного корпусу бура [3, 4].

Застосування запропонованої конструкції ґрунторуйнівного вінця кільцевого бура дозволяє зменшити енергоємність процесу буріння, що досягається за рахунок використання різців центральних – двограних та бокових – косокутних з двома різальними кромками, які сприяють зменшенню сил різання.

Однією із задач при кільцевому бурінні свердловин є відокремлення від масиву керна, що створюється всередині свердловини після створення різальним вінцем кільцевого прорізу, і видалення його на поверхню. Розроблені раніше кільцеві бурові робочі органи включали пристрої для підрізання, захвату і видалення керна із свердловини, які складались із важелів з підрізаючими ножами, а також пристроїв для керування їх положенням, що ускладнювало їх використання.

Досвід експлуатації бурильних машин з кільцевими робочими органами при бурінні міцних ґрунтів і порід для будівництва в гірських умовах показав, що для видалення керна достатньо виконати його часткове підрізання на невелику глибину з наступним відломом і підйомом разом з корпусом бура.

Для вирішення цієї задачі розроблена конструкція роликового пристрою, який встановлюється в нижній частині корпусу кільцевого бура і приводиться в дію зміною напрямку його обертання за рахунок сил тертя між роликками і керном [5].

Схема кільцевого робочого органу з роликовим пристроєм для підрізання, захоплення і видалення керна наведена на рис. 4 а, б, в.

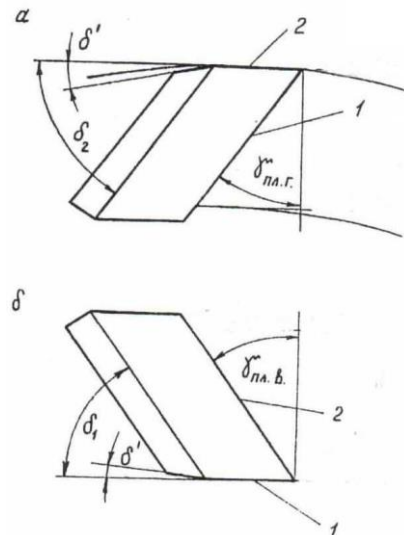


Рисунок 3. Схема бокового косокутного різця з двома різальними кромками:

a – вид зверху; *б* – вид збоку.

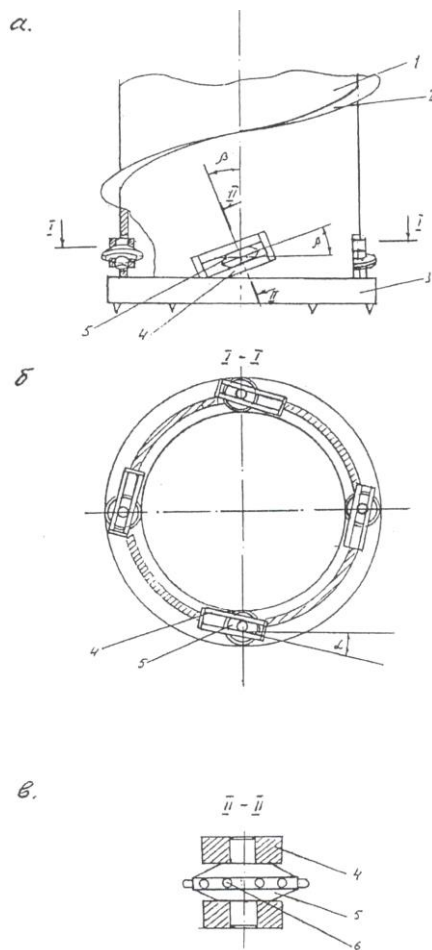


Рисунок 4. Схема кільцевого бура з роликівим пристроєм:
 а – вид збоку; б – розріз I-I; в – розріз II-II.

Бур складається з циліндричного корпусу 1 із шнеком 2 на зовнішній поверхні і ґрунтроруйнівного вінця 3. В корпусі бура вирізані вікна, в яких під кутом α до траєкторії обертання та кутом β по відношенню до вісі бура установлені напрямні 4, в яких з можливістю обертання та пересування по них розміщені ролики 5 оснащені зубцями 6, які контактують з керном. Величина кута α вибирається меншою, а кута β - більшою за кут тертя ρ між роликом і напрямними.

В залежності від напрямку обертання бура, ролики, пересуваючись в напрямних, змінюють своє положення відносно керну, наближаючись або віддаляючись від нього. Пересуваючись ближче до центру, ролики заклинюються між керном і напрямними за рахунок чого керн підрізується і захоплюється роликами. Керн витягують із свердловини разом з корпусом бура, ставлять на поверхню ґрунту і, обертаючи бур в зворотньому напрямку, звільняють керн.

Запропонована конструкція кільцевого бура з роликівим пристроєм дозволяє підвищити ефективність його використання при бурінні свердловин великих діаметрів в міцних і мерзлих ґрунтах. Простота конструкції і способу керування роботою роликівого пристрою сприяє підвищенню надійності роботи обладнання і продуктивності буріння.

При бурінні свердловин великих діаметрів (750-900мм) в міцних і мерзлих ґрунтах доцільно використовувати кільцеві робочі органи з твердосплавними різцями, які можуть забезпечити

розробку вказаних ґрунтів існуючими мобільними бурильними машинами невеликої потужності, що призначені для слабких ґрунтів. Але для ефективної роботи такого бурильного обладнання необхідно створювати велике напірне (осьове) зусилля, яке не завжди можна одержати при використанні існуючих мобільних бурильних машин із-за їх недостатньої маси.

Використання кільцевих бурових робочих органів, в яких на відміну від суцільного буріння створюється тільки кільцевий проріз, частково підвищує ефективність буріння, так як напірне зусилля діє на меншу площу, а, отже, і на менше число різців. Але при використанні мобільних бурильних машин для буріння свердловин великих діаметрів у вказаних ґрунтах напірного зусилля, яке можна ними створити, не достатньо. Тому для підвищення ефективності буріння свердловин в таких умовах пропонується використання кільцевих бурових робочих органів, оснащених анкерним пристроєм для одержання додаткового напірного зусилля, яке може перевищувати вагу бурильної машини.

Схема запропонованого кільцевого бурильного обладнання з анкерним пристроєм подана на рис. 5.

Обладнання складається з кільцевого бура 1 із трубчатою штангою 2, з'єднаною з обертачем 3, в середині яких розміщено штангу 4 із шнековим забірником 5, призначеним для попереднього забурювання в центрі свердловини, і фіксування від осьового

пересування за допомогою підрізаючих важелів 6, які вриваються в стінки лідерної свердловини при зворотньому обертанні. Забурник приводиться в дію від привода 7, закріпленого на траверсі 8 напірного механізму 9 бурильної машини.

Анкерний пристрій включає забурник (рис. 6), який складається з ріжучої коронки 1 з лопатями 2 оснащеними різцями з твердосплавними вставками 3 та кулачками 4 з боковими різцями 5, призначеними для вривання в стінки лідерної свердловини при повороті їх в межах вирізів 6 в корпусі бура 7 на кут α . Вривання кулачків для фіксації забурника в лідерній свердловині здійснюється зворотнім обертанням останнього. Для можливості повороту кулачків їх вісі зміщені від центра забурника 0 на величину δ . Глибина вривання A_1 - A_2 кулачка визначає осьову силу (напірне зусилля), яку може створити анкерний пристрій на кільцевий бур при бурінні свердловини.

Створення додаткового напірного зусилля при бурінні свердловин в міцних і мерзлих ґрунтах дозволяє утворювати свердловини великих діаметрів, що розширює межі використання існуючої мобільної бурильної техніки.

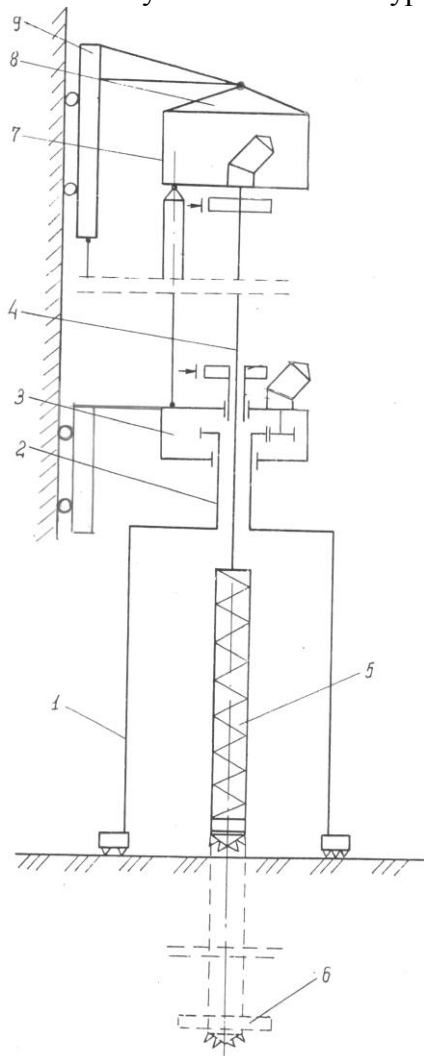


Рисунок 5. Схема кільцевого бурильного обладнання з анкерним пристроєм.

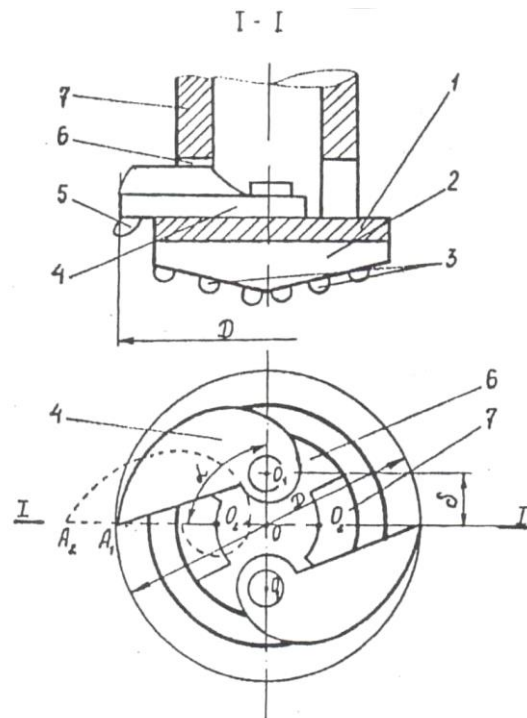


Рисунок 6. Схема забурника анкерного пристрою.

Одним із методів підвищення ефективності буріння свердловин в міцних і мерзлих ґрунтах є використання робочих органів динамічної дії, в яких руйнування ґрунту здійснюється основним приводом бурильної машини (обертання робочого органу) та додаткових динамічних навантажень, створених вібропристроями та вібромолотами.

На кафедрі основ професійного навчання проводяться розробки бурильного обладнання динамічної дії, в яких для створення додаткового динамічного навантаження обертальники об'єднуються з дебалансними вібраторами різних конструкцій. За участю

студентів-дипломників та магістрантів виконані розробки ряду конструкцій динамічного бурильного обладнання, по яким опубліковані статті в науково-технічних збірниках та одержані патенти на винахід.

До них відносяться кільцевий буровий робочий орган [8], в якому від дебалансного вібромолота додаткове імпульсне навантаження, яке доповнює напірне зусилля, передається через штанги, що закріплені по контуру кільцевого корпусу за допомогою рухомого з'єднання, на різальний вінець. Така конструкція дозволяє зменшити масу ударної частини, а отже, і енергоємність динамічного буріння свердловин.

В іншій аналогічній конструкції кільцевого динамічного робочого органа [9] ґрунторуйнівний вінець оснащений ковадлами з нахиленими під кутом до напрямку різання ударними поверхнями і кріпиться до корпусу за допомогою рухомого з'єднання з можливістю прокручування і осьового пересування на відстань, що перевищує амплітуду коливань гідромолота. Рухомі штанги виконані окремо від ґрунторуйнівного вінця, і закінчуються клиноподібними ударниками, що дозволяє передавати на ґрунторуйнівний вінець дотичні та осьові імпульсні навантаження.

Запропонована також конструкція бурового робочого органа з динамічним пристроєм, механізм обертання якого об'єднано з віброзбудником крутильних коливань. Указаний механізм – планетарний з розміщенням дебалансів на рухомих планетарних колесах [10], а також оснащений на вхідному валу пружною муфтою, на вихідному – крутильним вібромолотом. Конструктивні схеми планетарного механізму обертання з віброзбудником крутильних коливань та бурильно-кранової машини на базі вітчизняного трактора Т-150К розроблені в дипломному проектуванні наведені на рис. 7 та рис. 8.

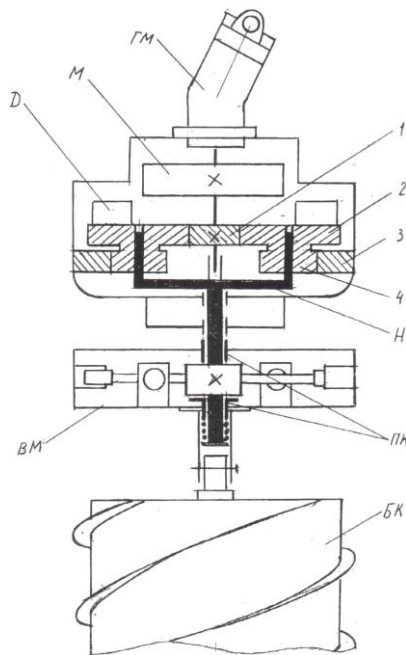


Рисунок 7. Кінематична схема бурового обладнання з віброзбудником крутильних коливань:

- 1 – центральне рухоме зубчасте колесо; 2 – планетарне зубчасте колесо;
- 3 – центральне нерухоме зубчасте колесо; 4 – планетарне зубчасте колесо;
- Н – водило; ГМ – гідромотор;
- М – пружна муфта;
- Д – дебаланс; ВМ – крутильний вібромолот; ПК – підшипники ковзання;
- БК – бур кільцевий.

Розроблена також схема планетарного обертальника бурильного обладнання з просторовим дебалансним вібратором вертикальних та крутильних коливань [7], яка наведена на рис. 9. його використання дозволить підвищити ефективність буріння за рахунок створення одним вібратором додаткових імпульсних зусиль на робочий орган в двох площинах - вертикальній та горизонтальній.

Висновки. Робота по вдосконаленню і розробці нових робочих органів бурильного обладнання в межах наукового напрямку “Наукові основи формування вискоелективних робочих органів будівельних машин” виконується по кафедрі з участю студентів і магістрантів. Крім описаних можна відмітити і інші розробки, які можуть бути використані і в виробництві і в навчальному процесі університету. Це і роботи по вдосконаленню і створенню нових ковшових робочих органів для буріння свердловин в напівв'язних ґрунтах, секційних бурових робочих органів грейферного типу, в яких процес руйнування ґрунту і його видалення із свердловини виконується з використанням механічного обладнання. Ведуться дослідження і розробки бурильного обладнання з роздільним обертанням різальних частин, що дозволяє підвищити ефективність буріння свердловин робочими органами



суцільного руйнування забою. Позитивний ефект досягається за рахунок збільшення швидкості різання ґрунту різцями, які розташовані близько до центру бура, де швидкість різання в звичайних конструкціях має недопустимо малі значення.

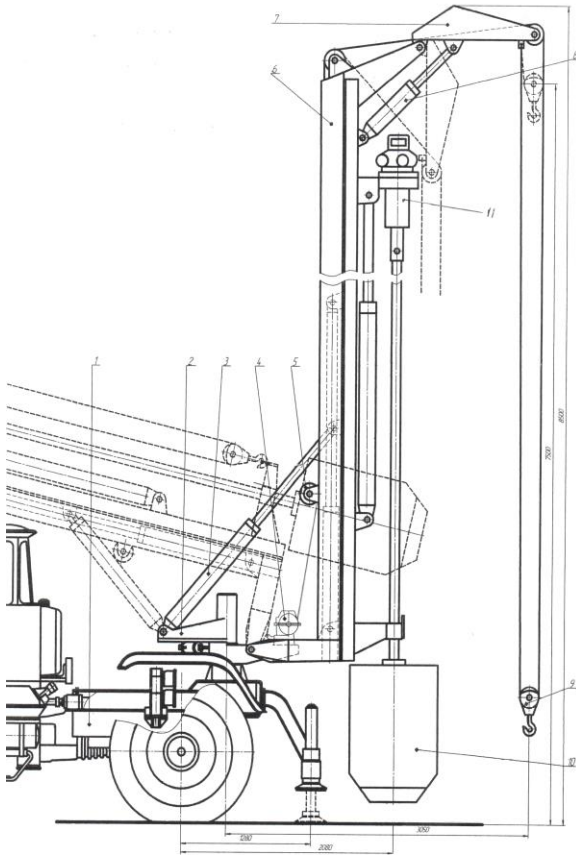


Рисунок 8. Схема бурильно-кранової машини на базі колісного трактора Т-150К:
1 – трактор; 2 – поворотна платформа; 3 – гідроциліндр; 4 – вантажна лебідка;
5 – блок; 6 – щогла; 7 – гусьок; 8 – гідроциліндр; 9 – підвіска гака;
10 – бур кільцевий; 11 – обертальник.

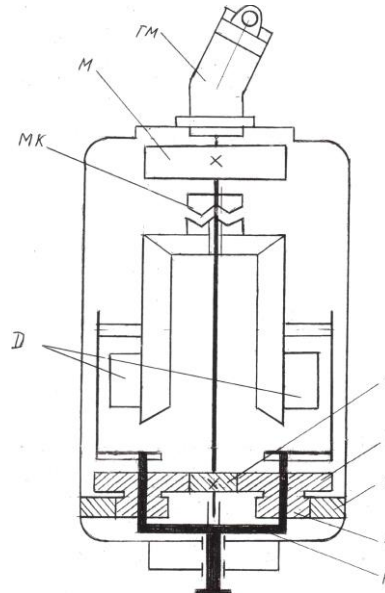


Рисунок 9. Схема обертальника бурильного обладнання з дебалансним вібратором вертикальних та крутильних коливань: 1 – центральне рухоме зубчасте колесо; 2 – планетарне зубчасте колесо;
3 – центральне нерухоме зубчасте колесо;
4 – планетарне зубчасте колесо;
Н – водило; ГМ – гідромотор; М – пружна муфта;
МК – кулачкова муфта; D – дебаланс.

По результатам досліджень щорічно виступають з доповідями на науково-практичних конференціях та наукових конференціях молодих вчених, аспірантів і студентів КНУБА студенти і магістранти. Розробляється тематика дипломних проектів і магістерських робіт.

За час існування кафедри основ професійного навчання виконавцями даних науково-технічних розробок підготовлено: 1 навчальний посібник, 29 науково-технічних статей в збірниках та тез доповідей на науково-практичних конференціях (із них 12 – за участю студентів), одержано 8 патентів на винахід (із них 6 за участю студентів), зроблено 22 доповіді на науково-практичних конференціях (із них 12 за участю студентів).

По результатах наведених науково-технічних розробок підготовлено і захищено 4 магістерські роботи, 50 дипломних проектів.

По результатах даних наукових розробок щорічно готується розділ звіту з наукової роботи кафедри.

Література

1. Смірнов В.М., Головань В.П., Костенко В.М. Буровий робочий орган суцільного буріння. Патент України на корисну модель № 37593. – Бюл. № 23, від 10.12.2008р.

2. Смірнов В.М., Головань В.П. Лопатевий буровий робочий орган з косокутними різальними елементами. – Зб. “Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини”, вип. 72. К.: КНУБА, 2008. – с. 64-68.
3. Смірнов В.М., Головань В.П. та ін. Кільцевий буровий робочий орган. Патент України на корисну модель № 20663. – Бюл. № 2, від 15.02.2007р.
4. Смірнов В.М., Головань В.П., Вольтерс О.Ю., Кобелев М.В. Аналіз кінематичних, силових та енергетичних параметрів процесу кільцевого буріння свердловин. – Зб. “Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини”, вип. 70. К.: КНУБА, 2007. – с. 72-77.
5. Смірнов В.М., Пелевін Л.Є., Вольтерс О.Ю., Головань В.П., Горбатюк Є.В. Кільцевий буровий робочий орган. Деклараційний патент на винахід України № 58097А. – Бюл. № 7, від 15.07.2003р.
6. Смірнов В.М., Пелевін Л.Є., Вольтерс О.Ю., Головань В.П., Горбатюк Є.В. Кільцевий буровий робочий орган з анкерним пристроєм. Деклараційний патент на винахід України № UA 45613А. – Бюл. № 4, від 15.04.2002р.
7. Смірнов В.М., Головань В.П. Обертальник бурового обладнання з дебалансним вібратором просторої дії. – Збірник “Теорія і практика будівництва”, № 5. К.: КНУБА, 2009. – с. 15-18.
8. Смірнов В.М., Головань В.П., Потебенько Д.В., Семенов О.В. Кільцевий буровий робочий орган. Деклараційний патент на корисну модель, № 10284. – Бюл. № 11, від 15.11.2005р.
9. Смірнов В.М., Головань В.П., Потебенько Д.В., Семенов О.В. Кільцевий буровий робочий орган. Деклараційний патент на корисну модель, № 11238. – Бюл. № 12, від 15.12.2005р.
10. Смірнов В.М., Головань В.П., Левковець В.М. Буровий робочий орган для міцних ґрунтів. Патент на корисну модель № 44965. – Бюл. № 20, від 26.10.2009р.

Машини і обладнання технологічних процесів будівельної індустрії

УДК 534

І.І.Назаренко, д.т.н., професор КНУБА
Б.В.Корнійчук, к.т.н., доцент КНУБА

АНАЛІЗ СХЕМ ПЕРЕСТАНОВКИ АВТОМОБІЛЬНИХ КОЛІС

АННОТАЦІЯ. Розглянута проблема перестановки автомобільних коліс які мають внутрішню і зовнішню сторони, які мають напрямок обертання та ті, які не мають жодних обмежень при їх встановленню. Тут описано існуючі та запропонована нова методика перестановки коліс із заміром глибини протектора.

АННОТАЦИЯ. Рассмотрена проблема перестановки автомобильных колес которые имеют внутреннюю и внешнюю стороны, которые имеют направление вращения и те, которые не имеют никаких ограничений при их установке. Здесь описаны существующие и предложена новая методика перестановки колес с замером глубины протектора.

ANNOTATION. The problem of transposition of motor-car wheels is considered that have internal and external parties, that have direction of rotation and those that have no limitations during their setting. Existing is here described and new methodology of transposition of wheels is offered with measuring of depth of protector.

Актуальність проблеми та аналіз дослідження. Практично кожен автомобіліст два рази на рік стикається з проблемою перестановки коліс, переходячи то на літні то на зимові шини. І рано чи пізно настає момент, коли шини підлягають заміні [1]. Якщо шини експлуатуються інтенсивно, то їх замінюють на нові коли відбувається спрацювання до відповідного індикатора. Як правило, спрацювання шин відбувається нерівномірно, а отже деякі із цих шин можна було б ще використовувати, а доводиться і їх утилізувати, бо встановлення шин із різною глибиною протектора на ведучі колеса може призвести як до погіршення керованості так і до виходу з ладу трансмісії [2]. Для запобігання даного явища існує багато інструкцій з правил перестановки шин [3], але жодна із них не може гарантувати рівномірності їх спрацювання. Розглянемо ці схеми.

Методика досліджень. Для легкових автомобілів, на сьогоднішній день, існують кілька схем перестановки коліс в залежності від малюнка протектора шин та типу привода автомобіля. Згідно рекомендацій заводів виробників шин, проводять перестановку коліс через кожні 5...12 тисяч кілометрів пробігу автомобіля. Розглянемо найбільш універсальні методи перестановки коліс, які підходять для всіх типів приводів автомобілів.

Якщо колеса мають шини на яких вказано напрямок її обертання (рис. 1,а), то такі колеса рекомендовано переставляти у відповідності передні на задню вісь, а задні на передню вісь автомобіля (рис. 1,б).



Рисунок 1. Схема перестановки шин із вказаним напрямком обертання:
а) позначення на шині; б) схема перестановки шин.

При цьому необхідно дотримуватися збереження сторони їх попереднього встановлення, адже і іншому випадку не буде збережено напрямок їх обертання. При такій схемі перестановки коліс швидше спрацьовуються шини що знаходяться з правої сторони автомобіля. Для коліс, що мають вказаний напрямок обертання, застосування іншої схеми їх перестановки можливе лише за умови їх перебортування на відповідному шиномонтажному обладнанні.

Шини, в яких вказано напрямок їх обертання, переважно призначені для їзди по бездоріжжю, зимові шини, шини з покращеним водовідведенням для запобігання аквапланування автомобіля на великій швидкості руху [4].

Тенденція сьогоdnішнього виробництва шин повертається до такої будови, коли шини не мали вказаного напрямку обертання, але для збереження кращих характеристик шин, що мали напрямок обертання, малюнок протектора удосконалюється за допомогою сучасного комп'ютерного дослідження і такі шини мають зовнішню (рис. 2,а) і внутрішню (рис. 2,б) сторони та називаються асиметричними. Для таких шин існує кілька схем перестановки коліс.

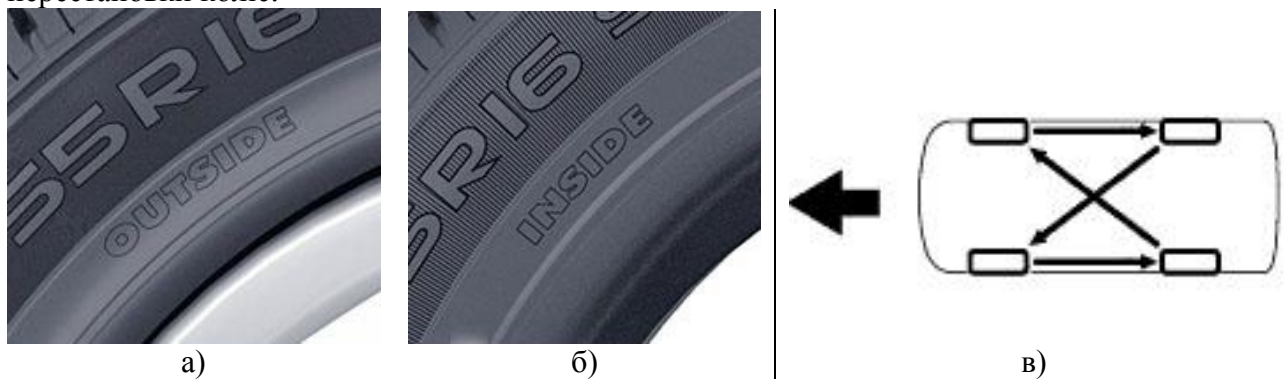


Рисунок 2. Схема перестановки асиметричних шин:

- а) позначення зовнішньої сторони на шині; б) позначення внутрішньої сторони на шині;
в) схема перестановки шин.

Однією із найбільш розповсюджених схем перестановки коліс [5], із шинами на яких не вказано напрямок обертання, є перестановка переднього лівого колеса на праву задню вісь і відповідно переднього правого колеса на ліву задню вісь автомобіля, а задні колеса стають передніми із збереженням відповідності сторони їх встановлення (рис. 2,в). В такому випадку шини спрацьовуються більш рівномірно, із порівнянням раніше описаної схеми перестановки коліс.

Доречно зайвий раз нагадати, що в інструкціях по експлуатації автомобілів, які мають запасне колесо, часто зустрічаються дуже вдалі схеми перестановки коліс [6]. Вони дають змогу аж на 20 % збільшити пробіг автомобіля до заміни шин, але як показує практика, їх чомусь рідко дотримуються. Сутність цих схем полягає у використанні при перестановці коліс і запасного, п'ятого, колеса. Наприклад: праве переднє колесо йде на запасне, а запасне ставиться на зад правої сторони автомобіля, заднє колесо правої сторони ставиться переднім колесом лівої сторони, а переднє колесо лівої сторони ставиться заднім колесом лівої сторони, заднє колесо із лівої сторони переставляють на перед правої сторони (рис. 3). Це дає можливість рівномірного спрацьовування всіх п'яти коліс, що поставляються з машиною заводом виробником.



Рисунок 3. Схема перестановки шин із врахуванням запасного колеса.

Напрямок сучасного виробництва автомобілів базується на їх економічності, яка досягається рядом факторів серед яких є зменшення маси автомобіля. Тому сучасні автомобілі, виходячи із високо розвинутого сервісного обслуговування і доріг з твердим покриттям, укомплектовують спеціальними



ремкомплектами, замість важкого запасного колеса, або докаточними колесами меншої ваги і об'єму. Виходячи з цього виникає потреба в удосконаленні схеми перестановки коліс де будуть задіяні лише чотири колеса.

Висновки. Виходячи із багаторічного досвіду сервісного обслуговування автомобільних шин, які не мають фіксованого напрямку обертання, пропонуються наступні схеми для перестановки коліс в залежності від типу привода автомобіля, його технічного стану та манери керування їм.

Помічено, що в машинах з переднім приводом всі вищеперераховані фактори мало впливають на нерівномірність спрацювання шин. В цих машинах завжди найбільше спрацювання відбувається на передньому правому колесі. Другим по величині спрацьовується ліве переднє колесо. За ним іде заднє праве і найменше спрацювання відбувається на задньому лівому колесі. Як видно, найбільше спрацювання чи то передніх, чи то задніх коліс відбувається по правій стороні. Пояснюється це наступним чином:

- весь абразивний матеріал, що може бути на дорозі, відкидається ближче до краю проїзної частини дороги, а отже шини правої сторони автомобіля більше контактують з ним;
- навантаження на ліві колеса автомобіля переважно більше ніж на праві, оскільки водій може їздити і без пасажирів, а також, враховуючи і абразив, під час набирання швидкості пробуксовка правих коліс виникатиме частіше ніж лівих, або під час зупинки повне блокування коліс виникатиме з правої сторони.

Враховуючи ці фактори, а також технічний стан автомобіля, рекомендую: перед перестановкою коліс заміряти глибину протектора всіх шин з точністю до однієї десятої міліметра і вже тоді переставляти колеса по вищенаведеній методиці.

Описаний принцип перестановки коліс на автомобілі, що має передній привід, справедливий і для повнопривідних машин, у яких передні колеса завжди ведучі і підключаємим є задній привід.

У машинах, що мають задній, повний або підключаємий передній привід спрацювання правих коліс також більше, але абразив і вага в них не відіграють важливу роль. Тут значне спрацювання передніх чи задніх шин залежить від манери водіння автомобілем, розподілу ваги та від його технічного стану. Тому для таких машин залишається найбільш доцільною методика перестановки коліс, що наведена на початку статті (рис. 2,в).

Література

1. Савельев Г.В. Автомобильные колеса. –М.: Машиностроение, 1983, -151с.
2. Киороз В.И., Кленников Е.В. Шины и колеса. – М.: Машиностроение, 1975, -194с.
3. Евзович В.Е., Райбман П.Г. Автомобильные шины, диски и ободья. –М.: Автополис-плюс, 2010, -144с.
4. Кнороз В.И., Кленников Е.В., Петров И.П.. Работа автомобильной шины. –М.: Транспорт, 1976, -238с.
5. Цукерберг С.М., Гордон Р.К., Нейенкирхен Ю.Н., Працкин В.Н. Пневматические шины. –М.: Химия, 1973, -264с.
6. Дехтяр Б.А., Кальмансон Л.Д., Невзоров А.М., Цырлин В.М. и др. Автомобиль «волга» ГАЗ-24-10: Конструктивные особенности, техническое обслуживание и текущий ремонт. –М.: Транспорт, 1993, -303с.



УДК 666.97.003.16

*М.П. Нестеренко, к.т.н., доцент**Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка*

ВИСОКОЕФЕКТИВНІ ПРУЖНІ ОПОРИ ДЛЯ ВІБРАЦІЙНИХ ПЛОЩАДОК ІЗ ПРОСТОРОВИМИ КОЛИВАННЯМИ РОБОЧОГО ОРГАНА

АНОТАЦІЯ. Наведено аналіз розроблених у ПолтНТУ пружних опор для віброплощадок та запропоновані створені на їхній основі високоефективні пружні опори з низькою металоемністю.

Ключові слова: вібраційна площадка, бетонна суміш, вимушуюча сила, пружна опора.

АННОТАЦИЯ. Приведен анализ разработанных в ПолтНТУ упругих опор для виброплощадок и предложены созданные на их основе высокоэффективные упругие опоры с низкой металлоемкостью.

Ключевые слова: вибрационная площадка, бетонная смесь, вынуждающая сила, упругая опора.

SUMMARY. The analysis developed in PoltNTU elastic supports for vibration platforms, and proposed the establishment on the basis of their high elastic supports with low metal content.

Keywords: vibrating platform, a concrete mixture, the excitant force, the elastic support.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими практичними завданнями. У сучасних умовах будівництва залізобетонні вироби користуються попитом. Промисловістю України та країн СНД віброформувальне обладнання серійно не випускається, і підприємства змушені самостійно його поповнювати в умовах дефіциту металу та комплектуючих виробів. Досить розповсюджене розроблене у ПолтНТУ вібраційне обладнання з просторовими коливаннями робочого органа, яке постійно вдосконалюється.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми. Розроблений у ПолтНТУ уніфікований ряд низькочастотних віброплощадок типу ВПГ із просторовими коливаннями рухомої рами ($f = 24$ Гц) [1–2] містить дев'ять типорозмірів вантажопідйомністю від 10 до 30 т для формування виробів розмірами від 1,5х6 до 3х12 м. Застосування віброплощадок типу ВПГ дозволяє якісно і продуктивно ущільнювати бетонні суміші рухливістю до 3 см при вільній установці форм на рухому раму, яка спирається на пружні гумометалеві опори і приводиться в коливальний рух одним потужним дебалансним віброзбуджувачем із вертикальним валом.

Віброплощадки типу ВПГ-2 [3–4] з підвищеною технологічною ефективністю вирізняються наявністю двох віброзбуджувачів, що забезпечують рухомій рамі ефективні просторові коливання при більш рівномірному розподілі вертикальних амплітуд вібропереміщень за площею рухомої рами із частотою $f = 26 - 30$ Гц. Ці віброплощадки дозволяють якісно формувати вироби завдовжки 6,28; 7,2; 9 і до 12 м стандартної ширини при заклинюванні форм між жорсткими упорами. На базі уніфікованих вузлів цих вібромашин – пружних опор та віброзбуджувачів зручно створювати стаціонарні віброформи для номенклатури великогабаритних і об'ємних залізобетонних виробів, здійснювати модернізацію касетних та інших установок.

Виділення не розв'язаних раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується означена стаття. Надійність і ефективність роботи вібраційних пристроїв залежить від надійності і довговічності пружних вібраційних опор. Вони сприймають вібраційні навантаження і запобігають вібрації фундаментів на робочих місцях. Тому конструкції вібраційних опор приділяють значну увагу при проектуванні вібраційних машин. У вібраційних площадках з просторовими коливаннями робочого органа використовують гумово металеві опори ОУ-1, ОУ-4, ВПС-24 та інші. Вони мають схожу конструкцію і відрізняються вантажопідйомністю. Опори складаються з верхньої і нижньої

опорні плит, до яких приварюються два вертикальних ребра з отворами під болти. До цих ребер за допомогою чотирьох притискних планок і болтів прикріплюються шість плоских гумових елементів прямокутної форми [5].

Метою даної роботи є аналіз конструкцій пружних опор для вібраційних площадок з просторовими коливаннями та розроблення високоефективних пружних опор зі зменшеною матеріалоемністю й збереженням простоти їхніх конструкцій.

Виклад основного матеріалу дослідження. Пружні гумометалеві опори ОУ-1, ОУ-4, ВПС-24 мають громіздку конструкцію зі значною металоємністю. Складні у монтажі. Плоскі гумові елементи прямокутної форми погано сприймають просторові коливання, тому часто руйнуються. Крім цього не забезпечується належне відведення тепла від гумових елементів. Тому нами розроблені нові конструкції високоефективних пружних опор з низькою металоємністю.

Пружна опора для вібраційних пристроїв [6] (рис. 1) має суцільний корпус 1, виготовлений з еластичного матеріалу з виступом 2 накритим металевим ковпаком 3 для приєднання технологічного обладнання та кріпильним елементом 4 з отворами 5. Кріпиться опора до фундаменту за допомогою болтового з'єднання 6 та притискного елемента 7.

У вібраційних формувальних машинах даного типу співвідношення амплітуд коливань робочого органа (поздовжніх до вертикальних) звичайно знаходиться в межах 0,5...2,5 мм, для їх забезпечення жорсткість опори по вертикалі та поперечному перерізі повинна приблизно відповідати таким співвідношенням. Тому пружна опора виконана із бічними стінками постійної товщини у вигляді урізаного еліптичного конуса з отвором, що сполучається з атмосферою, розташованим на вертикальній його осі. Уклон бічних стінок до вертикалі 15-30°. При уклоні бічних стінок менше 15° знижується стійкість пружної опори у поперечному напрямі. При уклоні бічних стінок більше 30° знижується стійкість пружної опори у вертикальному напрямі.

Вимушуюча сила кругової дії, викликана дебалансом, що обертається у горизонтальній площині, викликає просторовий коливальний рух робочого органа, переважно в горизонтальній площині, який складається з еліптичного руху центру мас коливальної системи у горизонтальній площині і її обертального руху відносно центра мас. Характер таких коливань робочого органа як твердого тіла на пружній підвісці відомий у теоретичній механіці. У силу специфіки створення коливань одиночним віброзбудником із вертикальним валом, амплітуди горизонтальних і вертикальних вібропереміщень точок робочого органа взаємозалежні, причому останні розподіляються по площі рухливої рами нерівномірно, зростаючи від мінімального значення в центрі мас до максимального на її краях. Лінії рівних амплітуд вертикальних вібропереміщень робочого органа являють собою сімейство концентричних еліпсів, витягнутих у напрямку поздовжньої осі робочого органа, із центром, який лежить на вертикальній осі, що проходить через центр мас коливальної системи. При однакових розмірах рами по довжині та ширині еліпс вироджується в коло. Тому осі поперечного перерізу конуса на будь-якій висоті прямо пропорційні габаритам опорного контуру технологічного обладнання по довжині й ширині.

Пружна опора монтується наступним чином. На болти, замонолічені у фундаменті, установлюється отворами у кріпильному елементі корпус 1. На кріпильний елемент накладається притискний елемент, виконаний у вигляді еліптичного кільця, яке у поперечному перерізі має форму кутика. Гайки на болтах затягуються, кріпильний елемент опори стикається і щільно прилягає до болтів, фундаменту та притискного елемента. Робочий орган вібраційного пристрою вільно установлюється на горизонтальну дільницю у верхній частині опори так, щоб його посадочне місце встановилося на виступ. Робочий орган утримується на пружній опорі за рахунок того, що амплітуда коливань робочого органа значно менша від осадки пружної опори від ваги робочого органа. Металевий ковпак запобігає пошкодженню виступу пружної опори при монтажі робочого органа та сприяє передачі вібраційних коливань на пружну опору. Виступ накритий ковпаком і



затиснений кріпильний елемент опори працюють як тверде тіло, а сам корпус за рахунок пружних деформацій має можливість здійснювати вібраційні коливання як у вертикальній, так і у горизонтальній площинах та забезпечувати віброізоляцію фундаменту. Отвір, розташований на вертикальній осі пружної опори, сполучається з атмосферою і сприяє відводу тепла з внутрішньої поверхні опори.

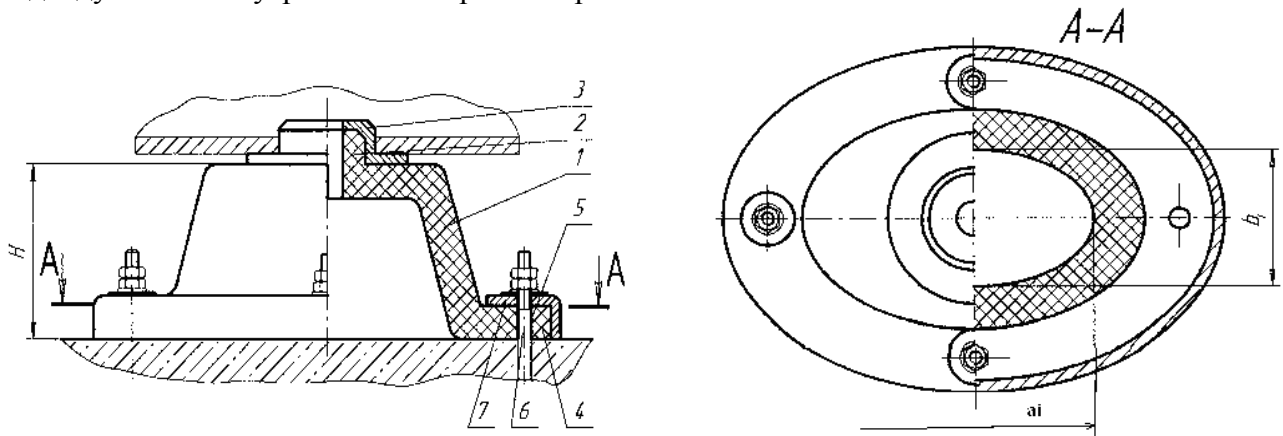


Рисунок 1. Конічна пружна опора:

1 – корпус; 2 – виступ; 3 – ковпак для приєднання технологічного обладнання; 4 – кріпильний елемент; 5 – отвір; 6 – болтове з'єднання; 7 – притисний елемент.

Дещо простішої конструкції є пружна опора [7] (рис. 2) виконана із бічними стінками постійної товщини у вигляді циліндра з отвором, який сполучається з атмосферою, розташований на вертикальній його осі. Вона має суцільний корпус 1, виготовлений з еластичного матеріалу з втулками 2, до яких на різьбі кріпляться верхня основа 3 та нижня основа 4 для приєднання технологічного обладнання та кріплення опори до фундаменту. Кріпиться опора до фундаменту за допомогою болтового з'єднання 5. Виступ 6 використовується для приєднання технологічного обладнання, а отвори 7 у ньому - для можливості його вгвинчування його у втулку 2.

При збільшенні розміру робочої висоти суцільного корпусу h_n відносно його внутрішнього діаметра d_b знижується стійкість пружної опори у вертикальному напрямі.

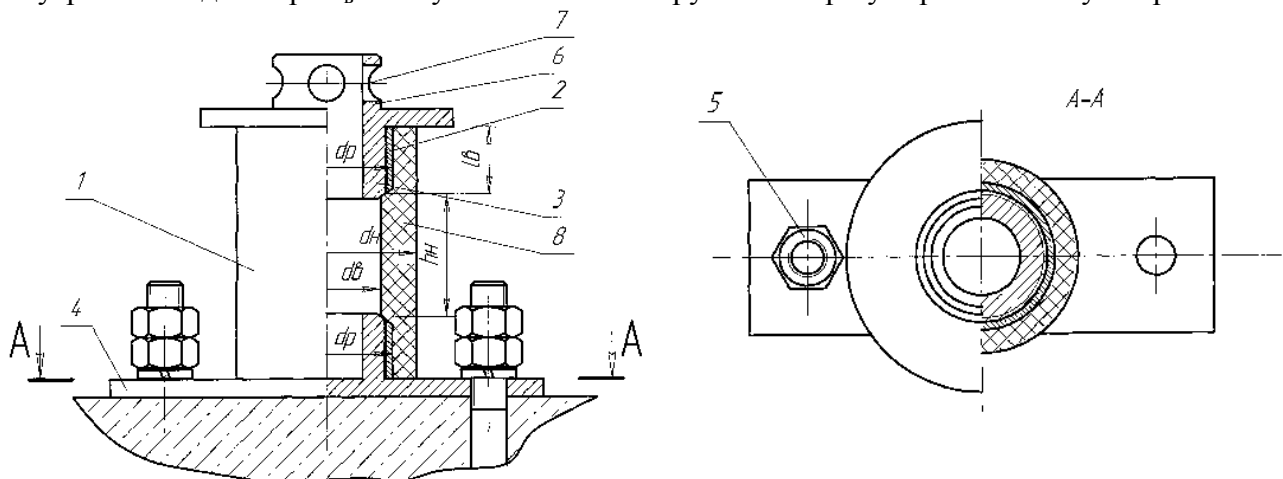


Рисунок 2. Циліндрична пружна опора:

1 – корпус; 2 – верхня основа; 4 – нижня основа; 5 – болтове з'єднання; 6 – виступ; 7 – технологічний отвір; d_p - діаметр різьби втулки, l_b - ширина втулки, d_n - зовнішній діаметр суцільного корпусу, d_b - внутрішній діаметр суцільного корпусу, h_n - робоча висота суцільного корпусу.

Пружна опора встановлюється отворами у кріпильному елементі корпусу на замоноличені у фундаменті болти. Гайки на болтах затягуються, кріпильний елемент опори стискається і щільно прилягає до болтів, фундаменту та притисного елемента. Робочий орган вібраційного пристрою вільно встановлюється на горизонтальну ділянку у верхній

частиш опори так, щоб її виступ увійшов в посадочне місце. Виступ і кріпильний елемент опори працюють як тверде тіло, а сам корпус за рахунок пружних деформацій має можливість здійснювати вібраційні коливання як у вертикальній, так і у горизонтальній площинах та забезпечувати віброізоляцію фундаменту. Отвір, розташований на вертикальній осі пружної опори, сполучається з атмосферою і сприяє відводу тепла з внутрішньої поверхні опори.

Для віброплощадок великої вантажопідйомності може бути запропонована пружна опора [8] (рис.3), яка містить верхню 1 та нижню 2 основи з внутрішніми увігнутими поверхнями, між якими розташований пружний елемент 3, який з метою зменшення чутливості до статичних навантажень виконаний у вигляді двояко випуклої лінзи. Пружний елемент має радіуси випуклостей менший, ніж радіуси увігнутості внутрішніх поверхонь основ та містить вертикальний циліндричний отвір і встановлюється на циліндричні виступи верхньої та нижньої основ. Нижня основа опори прикріплена до фундаменту за допомогою чотирьох фундаментних болтів 4. Циліндричний виступ 5, що переходить у конус 6, входить у спеціальний посадковий отвір рухомої рами вібраційної площадки. Між рамою і верхньою основою опори розміщена демпфіруюча прокладка 7.

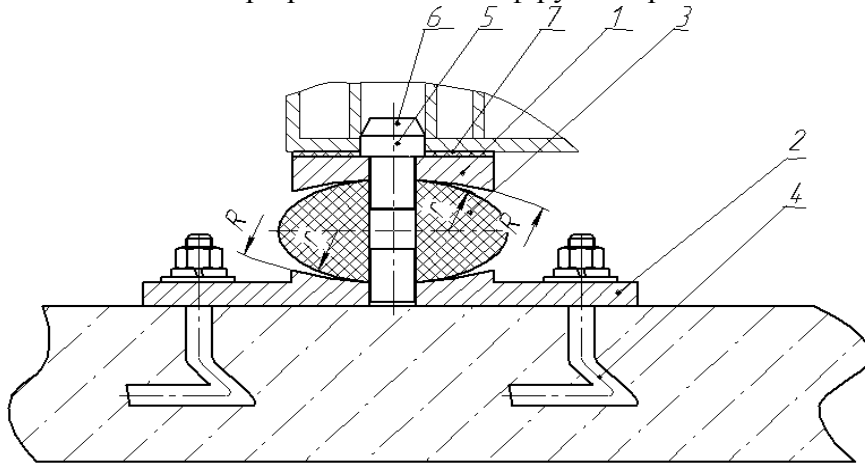


Рисунок 3. Вібраційна опора з підвищеною несучою здатністю:

1 – верхня основа, нижня основа, 3 – пружний елемент, 4 – фундаментний болт, 5 – циліндричний виступ, 6 – конус, 7 – демпфіруюча прокладка.

Жорсткість такої пружної опори на зсув по подовжній та поперечній осях однакова і залежить від модуля зсуву гуми, площі зсуву і висоти пружного елемента. Жорсткість пружної опори у свою чергу залежить від модуля пружності гумового елемента на стиснення і тих же геометричних розмірів. Оскільки модуль пружності гуми на стиск у декілька разів вище модуля пружності зсуву, то така опора має хорошу несучу здатність, досить податлива на зсув у напрямку горизонтальних переміщень і не передає вібрацію на фундамент.

Висновки.

1. Вібраційні пристрої працюють у різних кліматичних умовах у різні пори року, тому удосконалені пружні опори мають бути стійкими до природних умов і в той же час мати підвищену довговічність і зносостійкість. Тому пружні елементи опори можуть бути виготовлені з технічної гуми відповідної твердості, але в даний час краще використовувати нові полімерні матеріали, наприклад, поліуретан, який містить в собі уретанову групу -NH-COO-. Кисень в молекулярному ланцюзі надає полімерам гнучкість, еластичність, їм властива атмосферостійкість і морозостійкість (від "мінус"60° С) при відносній вологості до 95%. У залежності від вихідних речовин, які використовуються при отриманні поліуретанів, вони можуть мати різні властивості: бути твердими, еластичними і навіть термореактивними.

2. Довговічна експлуатація запропонованих ефективних пружних опор зменшує витрати на їхнє оновлення, знижує, пов'язані з простоями для їхньої заміни, втрати часу, сприяє підвищенню безпечності експлуатації вібраційної машини вцілому.

Література

1. Назаренко І.І. Вібраційні машини і процеси будівельної індустрії: Навчальний посібник. –К: КНУБА, 2007. – 230 с.2. Олехнович К.А., Виноградов Ю.И., Нестеренко Н.П. Потребительские качества современных виброплощадок // Строительные и дорожные машины. 1991.–№8.–С.14-16.
2. Нестеренко Н.П. Совершенствование виброплощадок для формования многопустотных панелей перекрытий // Эффективные строительные материалы и конструкции, мспользуемые при возведении зданий и сооружений: Зб. научн. тр./ –К.: УМК ВО, 1992. –С. 93-102.
3. Нестеренко М. П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для підприємств будівельної індустрії / Нестеренко Н. П. // Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування, будівництво). – Полтава: ПолтНТУ, 2002. – Вип. 9. – С. 90 – 93.
4. Нестеренко М. П. Вібраційні площадки з просторовими коливаннями для виготовлення залізобетонних виробів широкої номенклатури // Збірник наукових праць (Галузеве машинобудування, будівництво). –Полтава: ПолтНТУ, 2005. –Вип. 16. –С.177-181.
5. Назаренко І.І., Туманська О.В. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів: Конструкції та основи експлуатації. –К.: Вища шк., 2004. –590 с.
6. Нестеренко М.П., Склярєнко Т.О., Нестеренко М.М. Пружна опора для вібраційних пристроїв: Патент на корисну модель №23325 МПК (2006) F16F 3/00. Бюл. №7, 2007 р.
7. Нестеренко М.П., Склярєнко Т.О., Нестеренко М.М. Пружна опора для вібраційних пристроїв: Деклараційний патент на винахід №68059 А МПК (2006) F16F 3/00. Бюл. №7, 2004 р.
8. Нестеренко М.П. Науменко В.М., Нестеренко Т.М., Педь Д.С. Касетна установка для виготовлення залізобетонних виробів: Патент на корисну модель №36778 МПК (2006) F16F 3/00. Бюл. №21, 2008 р.



УДК 621.647.4

*I.I. Назаренко, д.т.н., проф. (КНУБА, Київ);
Є.О. Міщук, асистент (КНУБА, Київ).*

ОЦІНКА ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

АННОТАЦІЯ. Робота присвячена розгляду питомих витрат енергії на одиницю отриманої продукції в дробильних машинах. З метою рішення проблеми зменшення енерговитрат при подрібненні, здійснено аналіз енергетичних законів та визначення передумов для подальшого дослідження.

Ключеві слова: Дробарка, енерговитрати, напруження на площадці

АННОТАЦИЯ. Работа посвящена осмотру удельных затрат энергии на единицу получаемой продукции в дробильных машинах. С целью решения проблемы уменьшения энергетических затрат при дроблении, предлагается анализ энергетических законов и предпосылки для дальнейшего исследования.

Ключевые слова: Дробилка, энергетические затраты, напряжение на площадке

SUMMARY. Is devoted to examination of the specific energy consumption per unit of production in the grinder. In order to address the reduction of energy costs for crushing, offers an analysis of the energy laws and prerequisites for further study.

Key words: Crusher, energy costs, the voltage at the site.

Актуальність проблеми. Питомі витрати енергії на одиницю отримуваної продукції є основним техніко-економічним показником дробильних машин.

Вирішення проблеми, пов'язаної з визначенням затрат енергії на подрібнення, представляє доволі складну задачу, так як затрати енергії залежать від цілого ряду факторів (неоднорідності кусків матеріалу, міцності порід, різності форм, точки прикладення руйнуючого зусилля, положення породи в момент удару, сил, що діють між частинками, фізики руйнування, поведінка матеріалу, який взаємодіє з робочими поверхнями дробильних машин і т. д.), які змінюються в процесі роботи і важко піддаються точному описанню.

Не менший вплив при визначенні енергозатрат відіграють умови масовості цього процесу, які відрізняються від умов одиничного руйнування. Так наприклад одна частина зерен може отримати недостатні навантаження для руйнування, інша – лишні навантаження, а деяка частина зерен може взагалі не отримати навантажень. Тому в таких випадках потрібно враховувати статистичні закономірності.

До числа найбільш важливих характеристик гірських порід, які підлягають подрібненню, належать:

- вид навантаження;
- опір подрібненню;
- співвідношення між довжиною, шириною і товщиною подрібнюваного матеріалу;
- ступінь завантаження камери подрібнення.

До вище зазначених показників варто додати показники механічних властивостей гірських порід, які мають великий вплив на процес подрібнення. Ці показники коливаються в широких межах. На їхні значення мають вплив пористість, вологість, шаруватість, крупність матеріалів, спосіб досліджень і т.д.

За цими причинами пояснюється широкий діапазон показників при дослідженнях однієї і тієї ж породи. Так при дослідженні однакових зразків на одновісний стиск було встановлено, що тимчасовий опір стику змінився в 3,45 рази (від 530 до 1830 кПа) [1].

Мета роботи. Оцінити та проаналізувати енерговитрати процесу подрібнення матеріалу.

Оцінка та аналіз енергетичних гіпотез

1. Гіпотеза поверхонь.

Полягає в тому, що витрата енергії на подрібнення пропорційна величині новоутвореної поверхні, враховує енергію A_s , необхідну для розділення подрібненого матеріалу по одній площині, і виражається наступною залежністю:

$$A_s = K_{\text{пр}} S, \quad (1)$$

де $K_{\text{пр}}$ – коефіцієнт пропорційності, встановлений дослідним шляхом, дж/м²;

S – величина новоутвореної поверхні, м².

При подрібненні кубічного куска розміром D з визначеним ступенем подрібнення, величина новоутвореної поверхні буде рівна:

$$S = 6(D/i)^2 \cdot (D^3/(D/i)^3) - 6D^2 = 6D^2(i-1), \quad (2)$$

де D/i – розмір кубічного куска подрібненого продукту;

$D^3/(D/i)^3$ – кількість кубічних кусків, утворених при подрібненні із вихідного куска.

Тоді робота подрібнення одного куска буде дорівнювати:

$$A_s = K_{\text{пр}} \cdot S = 6K_{\text{пр}}(i-1)D^2 = K'_{\text{пр}} D^2. \quad (3)$$

Повна витрата енергії A_{Σ} на подрібнення матеріалу визначеної крупності (D_0) в залежності від потрібного розміру вихідного куска (d) згідно гіпотези Ріттінгера буде складати:

$$A_{\Sigma} = 3A_s \left(\frac{D_0}{d} - 1 \right) = 3A_s(i-1), \quad (4)$$

де d – середній розмір куска після подрібнення;

$i = D/d$ – ступінь подрібнення матеріалу.

коли ступінь подрібнення матеріалів досягає вельми великих значень, а об'єм подрібнюваного тіла відносно невеликий, тобто при тонкому помолу.

2. Гіпотеза об'ємів.

На противагу гіпотезі поверхонь, гіпотеза об'ємів припускає, що енергія A_v , необхідна для однакової зміни форми геометрично подібних і однорідних тіл, змінюється пропорційно об'ємам або вагам цих тіл:

$$A_v = K_v V = K_v D_0^3, \quad (5)$$

де K_v – емпіричний коефіцієнт пропорційності, дж/м³;

V – об'єм кубічного куска з ребром D .

Враховуючи далі, що роботи внутрішніх сил пропорційні об'ємам дроблених тіл, вираз (5) може бути приведений до виду:

$$A_v = K_v D_0^3, \quad (6)$$

де $\sigma_{\text{ст}}$ – напруження, виникаюче при деформації подрібнюваного тіла (межа міцності матеріалу на стиск), Н/м²;

E – модуль пружності при стиску, Н/м².

Як відомо, $A_{\text{пит}} = \frac{1}{2} \sigma \varepsilon$, де σ – напруження, Н/м², ε – деформація куска матеріалу. Приймаючи, що $\varepsilon = \frac{\sigma}{E}$, вираз для роботи матиме вигляд:

$$A_{\text{пит}} = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2}{E},$$



де E – модуль пружності.

Тоді формулу (6) можна представити у вигляді:

$$A = \frac{1}{2} \frac{\sigma^2}{E} V \quad (7)$$

Із формули (7) слідує, що витрата енергії при подрібненні за гіпотезою об'ємів, прямопропорційна напруженням, виникаючим при деформації подрібнюваного тіла, його об'єму і обернено пропорційна модулю Юнга.

Аналізуючи вище приведені гіпотези, необхідно виділити наступне: гіпотеза об'ємів (закон Кірпічева-Кіка) враховує затрати енергії на пружну, а потім пластичну деформацію тіла і зовсім не враховує витрат енергії на утворення нових поверхонь, на подолання сил зовнішнього і внутрішнього тертя, на втрати енергії, пов'язані з акустичним, електричним і тепловим явищем. Гіпотеза поверхонь (закон Ріттінгера), навпаки, не враховує затрати енергії на пружну і пластичну деформації тіла і враховує тільки витрати енергії для утворення нових поверхонь.

Таким чином можна сказати, що при процесах дроблення, коли утворення нових поверхонь практично незначне, слід застосовувати гіпотезу об'ємів. У випадку помелу матеріалу при інтенсивному утворенні нових поверхонь, коли ступінь подрібнення матеріалів досягає вельми великих значень, а об'єм подрібнюваного тіла відносно невеликий можна застосовувати гіпотезу поверхонь.

3. Закон Ф. Бонда.

Стверджує, що повна робота повинна включати роботу деформації і утворення нових поверхонь. Закон Бонда засвідчує те, що енергія, яка передається тілу при стиску, розподіляється спочатку по його масі і відповідно пропорційна D^3 , але з моменту початку утворення на поверхні тріщин ця енергія концентрується на поверхні у країв тріщин, і тоді вона пропорційна D^2 .

На цій основі приймається, що робота руйнування пропорційна середньому геометричному із об'єму і поверхні куска:

$$A_B = K_B \sqrt{VS} = K_B D^{2.5}, \quad (8)$$

де A_B – робота, затрачувана на подрібнення;

D – лінійний розмір куска;

K_B – коефіцієнт пропорційності, який визначається експериментально.

Закон Бонда застосовується в основному для зони, яка лежить між зонами мілкового дроблення і грубого помелу.

Паралельно з енергетичною гіпотезою руйнування Ф.Бонд запропонував кінетичну модель руйнування матеріалу. В ній зазначається, що при прикладенні стискальних зусиль до частинки матеріалу, вона починає стискатись, деформуватись і в ній виникають напруження. Частинка починає поглинати енергію, відповідно до її форми і структури. При перевищенні стискальним напруженням межі міцності частинки, в ній починають утворюватись тріщини. Енергія напруженого стану тріщини перетворюється в роботу її розширення, внаслідок чого частинка розколюється.

Виходячи з цього можна припустити, що роботою на руйнування куска матеріалу є робота затрачувана на формування першої тріщини.

Проте сила стискування може бути прикладена так швидко, що тріщина виникає до того, як в частинці встановиться рівноважне розподілення енергії, наслідком чого є зменшення енергії на руйнування.

Основними недоліками кінетичної моделі Ф.Бонда стало неврахування пластичних ефектів, властивостей мікро- та макропружності матеріалів та їхнього зв'язку з напруженим

станом.

Тож, як бачимо енергія, яка підводиться до тіла при навантаженні, перетворюється в енергію деформації, що накопичується в матеріалі і в поверхневу енергію тріщини.

Розглядаючи роботу на утворення першої тріщини можна зазначити, що після досягненні деякої критичної довжини, при визначеному напруженні, тріщина далі буде розповсюджуватись самовільно, при цьому критичні напруження $\sigma_{кр}$ будуть обернено пропорційними квадратному кореню із довжини тріщини l :

$$\sigma_{кр} \sqrt{l} = const, \quad (9)$$

де: $const = \sqrt{2E\gamma/\pi}$;

E – модуль пружності матеріалу;

γ – питома поверхнева енергія тріщини.

Цю залежність вивів Алан Гріффітс в 20 роках минулого сторіччя [4]. Вона відображає критичні напруження при яких відбувається самовільний (без додаткової роботи зовнішніх сил), ріст тріщини в тілі. В графічному вигляді ця залежність зображена на рис. 1.

Теорія Гріффітса має велике практичне значення так як вона:

- пояснює зменшення реальної міцності матеріалів в порівнянні з теоретичною;
- зображує, що крихка міцність може бути виражена через фізичні і механічні властивості матеріалу;
- зображує, що максимальне руйнуюче навантаження досягається не при будь-якій початковій тріщині, а тільки після того, як тріщина досягне деяких критичних розмірів.

До недоліків теорії можна віднести те, що в ній розглядаються напруження, при яких тріщина починає рухатись, а не напруження при якому відбувається повне руйнування матеріалу.

4. Закон П.А.Ребіндера.

Об'єднує гіпотези поверхонь і об'ємів, вважаючи, що руйнування настає після деформації куска і повна робота дроблення дорівнює сумі роботи деформації (A_S) і роботи утворення нових поверхонь (A_V).

Основні положення теорії Ребіндера наступні: при деформації твердих тіл в період, безпосередньо передуючий його руйнуванню, тобто в період пружних і пластичних деформацій, накопичується об'ємна енергія, яка при досягненні критичного значення приводить до руйнування твердих тіл. Фізично цей процес виражається в утворенні тріщин в місцях дефектів структури матеріалу, по яким і відбувається руйнування.

Закон П.А.Ребіндера математично можна виразити в наступному вигляді [6]:

$$A = K_{пр.1} \Delta S + K_{пр.2} \Delta V, \quad (10)$$

де: A - робота, затрачувана на руйнування твердого тіла, Дж;

$K_{пр.1}$ – коефіцієнт пропорційності, дж/м²

ΔS - новоутворена, при руйнуванні, поверхня, м²;

$K_{пр.2}$ – коефіцієнт пропорційності, дж/м³;

ΔV - деформована частина об'єму тіла, м³.

А.К.Рундквіст, аналізуючи процес подрібнення гірських порід, вважає, що елементарна робота подрібнення одного куска пропорційна елементарній зміні деякої степені його розміру D . Згідно його даним, повна робота, затрачувана на подрібнення деякого об'єму, може бути розрахована за формулою [1]:



$$A_{\Sigma} = \frac{CV}{(K_p - 1)D^{K-1}} (i^{K_p - 1} - 1), \quad (11)$$

де: C – деяка постійна подрібнення;

$i = D/d$ – степінь подрібнення;

D і d – початковий і кінцевий діаметри подрібнюваного куска;

K_p – узагальнений коефіцієнт,

враховуючий величину енергії і властивості подрібнюваного тіла.

В спрощеному вигляді узагальнююча формула (11) записується наступним чином:

$$dA_{\Sigma} = Kd(D^{4-n}), \quad (12)$$

де K – коефіцієнт пропорційності;

$4-n$ – показник степені, що визначається експериментально.

Приймаючи в даній формулі показник степені n , рівним 2;1,5;1, можна отримати відповідно вирази гіпотези поверхонь, закону Бонда, і гіпотези об'ємів.

Вченими Дж.Свенсенем і Дж.Мюркесом був запропонований свій варіант формули Бонда, для визначення роботи, який на їх думку краще узгоджується з експериментальними даними [1]:

$$A_{с.н.} = A_0[(100/k_{90})^m - (100/k_m)^m], \quad (13)$$

де A_0 – фактор пропорційності;

k_{90} – розмір ланки сита, крізь які проходить 80% продукту подрібнення;

m – коефіцієнт, який визначається експериментальним шляхом ($m=0,8-1,3$).

Коефіцієнт k_m визначається за формулою:

$$\lg k_m = 1/5[\lg k_{90} + \lg k_{70} + \lg k_{50} + \lg k_{30} + \lg k_{10}],$$

де k_{90} і k_{10} – розміри, менше яких міститься відповідно 90, 70, 50, 30 і 10% частинок.

В роботі [10] запропоноване модифіковане емпіричне рівняння, яке пов'язує енергію на подрібнення з розмірами частинок матеріалу :

$$A_x = K[1 - (1/R)^r(100/a)^r], \quad (14)$$

де K – показник подрібненості;

R – степінь подрібнення;

a – розмір частин матеріалу;

r – показник степені відхилення.

Величина r виражає ступінь зміни опору матеріалу при його подрібненні і зміну ефективності машини із зміною розмірів частинок. Його значення залежить від матеріалу і умов прикладення зусиль. Рівняння (14) можна застосовувати при подрібненні крихких неоднорідних матеріалів.

В роботі [7] енергію, затрачувану на механічне подрібнення матеріалу від діаметра D до діаметра d , розглядають як суму робіт за послідовними прийомами: після кожного подрібнення частина куска знову дробиться навпіл і так послідовно до кінцевого діаметра [7].

В результаті для визначення повної роботи виведена наступна залежність [7]:

$$A_{\Sigma} = K_p \frac{v(\sqrt{i}-1)}{\sqrt{D}(\sqrt{i'}-1)}, \quad (15)$$

де K_p – коефіцієнт пропорційності за формулою;

$i' = d/d_n$ – показник, що характеризує степінь подрібнення матеріалу в кожному проміжному прийомі при дробленні матеріалу від розміру d до d_n .

В роботі [8] вважають, що незалежно від характеру прикладення зовнішніх сил, причиною механічного руйнування матеріалу слід вважати, розрив внутрішніх зв'язків, а мірою міцності цих зв'язків – міцність матеріалу на розрив. В результаті для визначення повної роботи, затрачуваної на дроблення, була отримана наступна залежність:

$$A_{\Gamma} = \frac{3K_r^2 \sigma_p V}{2E_H} (i - 1), \quad (16)$$

де K_r – коефіцієнт пропорційності, що визначається експериментально;

σ_p – напруження розриву.

Для випадків руйнування тіла стискаючими зусиллями K_r змінюється від 1,2 до 3,14.

В роботі [9] у формулу (16) введено коефіцієнт, враховуючий вплив типу основи і співвідношення мас, що взаємодіють між собою в дробильній машині:

$$A = \frac{3K_r \sigma_p^2}{2E_H} (i - 1) K_0. \quad (17)$$

В роботах [7,11] відмічено, що при аналізі енергоємності процесів дроблення гірських порід доцільно користуватись гіпотезою об'ємів. Проте при визначенні повної величини затрачуваної енергії вони рекомендують враховувати показник міцності гірської породи на стиск $\sigma_{ст}$, а не на розтяг σ_p , що має місце в формулі (17), тобто:

$$A_{\Sigma} = KV \sigma_{ст} \lg i / 2E, \quad (18)$$

де A_{Σ} – загальна робота, затрачувана на дроблення.

Енергоємність дроблення куска гірської породи, в роботі [9] визначається за такою залежністю:

$$E = \alpha \left(\frac{Q}{Q_n} \lg Q - \lg Q_n \right), \quad (19)$$

де α – коефіцієнт пропорційності, що характеризує властивості матеріалу;

Q і Q_n – відповідно початкова і кінцева маса матеріалу.

Підставивши в формулу (19) замість величин Q і Q_n значення γV і γV_n або γD^3 і γd^3 , після відповідних перетворень маємо:

$$A = \alpha \left(\frac{V}{V_n} \lg V - \lg V_n \right) = \alpha V \lg V - \alpha V_n \lg V_n = \alpha D^3 \lg D^3 - \alpha d^3 \lg d^3. \quad (20)$$

Формула (19) і відповідна формула (20) фактично представляють собою інтерпретацію закону Кірпічева-Кіка, тобто повна енергоємність процесу дроблення пропорційна об'ємам (V) дроблених тіл від деякого розміру D до розміру d .

Цікаву енергетичну гіпотезу запропонував Р.А. Родін, встановивши, що акт руйнування гірської породи сферичної форми з ізотропними властивостями носить стадійний характер рис.2. [2].

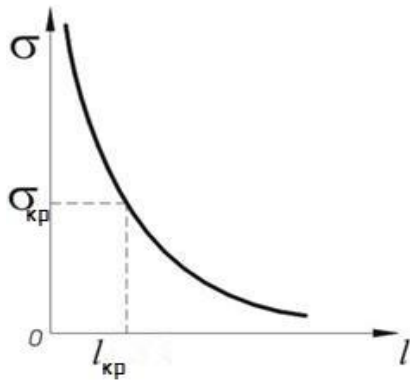


Рисунок 1. Діаграма руйнування в задачі Гріффітса.

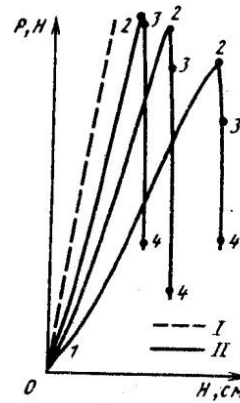


Рисунок 2. Руйнування пружно-крихкого тіла по Р.А.Родіну:

I – деформація преса; II – руйнування зразків різної міцності.

Аналізуючи графік можна записати наступні стадії руйнування:

ділянка 0-1, рис. 1 – поява контактів і виникнення пружних деформацій в куску;

ділянка 1-2 – утворення зони всебічного стиску її збільшення і формування до моменту утворення ефективної тріщини;

ділянка 2-3 – виникнення ефективної тріщини і її розвиток до критичних розмірів;

ділянка 3-4 - швидкісний розвиток ефективної тріщини до повного руйнування дробленого куску матеріалу і повної витрати запасу пружної енергії.

Таким чином якщо прийняти всю корисну роботу подрібнення за 100%, то на ділянки 0-1, 1-2 припадає 73,4% енергії, 2-3 – 22,5% і на ділянку 3-4 – 4,4%.

Р.А. Родіним був встановлений математичний вираз витрати роботи на подрібнення одиничного куска правильної форми з ізотропними властивостями:

$$A_{RR} = \frac{3}{8} \frac{\sigma_p^2}{K_\Phi^2 K_E^2 \sigma_{ст.к}^2 tg^2 \alpha R^{0,25-0,01R}}, \quad (21)$$

де σ_p – границя міцності куска, що руйнується при розколі;

K_Φ – коефіцієнт форми в зоні контакту, границі змін $0,318 \pm 0,5$;

K_E – коефіцієнт пропорційності;

$\sigma_{ст.к}$ – граничне (контактне) напруження при стиску;

$tg \alpha$ – коефіцієнт тертя;

R – радіус куска, що руйнується.

Запропонована гіпотеза може бути сформульована наступним чином: робота, затрачувана на одиничне руйнування куска гірської породи, пропорційна роботі, затрачуваної на утворення нових поверхонь, і тертю між утвореними поверхнями в зоні всебічного стиску.

В роботі [1] зазначено, при проведенні ряду дослідів по ударному і квазістатичному руйнуванні кварцу було встановлено, що при динамічному режимі руйнування перші удари шару руйнують велику кількість частинок матеріалу, але при подальших ударах кількість зруйнованих частинок зменшується. Як наслідок велика кількість енергії втрачається без утворення нової поверхні. Одночасно з цим при повільному стисканні ізольованих кристалів кварцу, площа новоутвореної поверхні за одиницю витраченої роботи, більша для ізольованого кристала ніж для багатьох частинок. Основною причиною таких результатів вважають критичні напруження, які при малих концентраціях енергії досягаються тільки в декількох точках, за рахунок цього відбуваються протяжні розриви з утворенням малої кількості частинок з великою площею поверхні.

При ударних навантаженнях критичні напруження зростають досить швидко. Розриви розповсюджуються на малі відстані, новоутворена поверхня мала, але отримана за рахунок

багатьох частинок.

Коли в крихкому тілі розповсюджується імпульс напружень достатньо великої амплітуди, він може приводити до руйнування, яке суттєво відрізняється від руйнування при квазістатичному і відносно повільному динамічному навантаженні.

Руйнування, викликане хвилею напружень, описується наступним чином. Коли імпульс стиску, що розповсюджується в середовищі, падає нормально на вільну від напружень межу цього середовища, він породжує імпульс розтягу, який має ту ж саму форму, що і імпульс стиску, проте він має переміщення, направлене в інший бік від межі. Якщо напруження розтягу, створене відбитим імпульсом, перевищить міцність матеріалу на розтяг, то буде відбуватись руйнування. Це явище відоме як «відкол» або «руйнування Гопкінса».

Відомим фактом є те, що опір розтягу твердих матеріалів (гірських порід) в декілька разів менше в порівнянні з тимчасовим опором стиску. Відношення $\sigma_{ст}/\sigma_{роз}$, за дослідними даними коливається в широких межах доходячи на деяких гірничодобувних кар'єрах до 21,7 разів.

На основі дослідних даних гірських порід табл. 1 [1], встановлено залежність між основними видами руйнування, яка наведена нижче:

$$\sigma_{ст} \gg \tau_{зд} \gg \sigma_{зг} \gg \sigma_{р}, \quad (22)$$

де $\sigma_{ст}, \tau_{зд}, \sigma_{зг}, \sigma_{р}$ – тимчасовий опір відповідно на стиск, здвиг, згин, і розтяг.

Таблиця 1.

Відносна міцність (%) гірських порід.

Гірські породи	Стиск	Зсув	Згин	Розтяг
Граніти	100	9	8	2÷4
Пісковики	100	10÷12	6÷20	2÷5
Вапняки	100	15	8÷10	4÷10

Тож як бачимо з приведених вище даних найсприятливішими напруженнями руйнування з точки зору енергоємності процесу є напруження розтягу.

Вченими Д.Уолкером і Р.Шоу була запропонована своя гіпотеза [1], яка стверджує, що механізм руйнування мінералів наближується до механізму руйнування металів, тобто в крихких мінералах під час руйнування проявляються пластичні деформації. Вони вважали, що питома енергія подрібнення по аналогії з різанням металів, постійна, оскільки товщина сколеного шару менше товщини шару неоднорідності в матеріалі. Починаючи з відомої критичної товщини шару, вірогідність зустріти неоднорідність збільшується, а з тим самим зменшується питома енергія подрібнення. Вченими було зазначено, що найбільш важливою змінною процесу руйнування є діаметр подрібнюваних частинок, а не площа новоутвореної поверхні, так як зусилля на руйнування частинки збільшується при зменшенні її діаметру, внаслідок зменшення вірогідності зустрічі неоднорідності в частинці.

На відміну від розглянутих підходів до процесу енергоємності дроблення гірських порід в роботі [9] використовують метод фізичних аналогій, на базі якого для визначення загальної роботи дроблення рекомендують наступні рівняння:

$$A = \frac{K \sigma_p^{1.5} P_k^{0.5} (1-\mu)^{2.5} (1+\mu) S^b n^c}{\mu^{1.5} E_H}, \quad (23)$$

де K – коефіцієнт, враховуючий перетворення ударного навантаження в зусилля, що розриває негабарит;

P_k – контактна міцність породи;



μ – коефіцієнт Пуассона;

S – площа, по якій проходить розкол негабариту, м^2 ;

n – число ударів до руйнування;

b і c – показники, що характеризують відповідно масштабний ефект і ефект втомленості, які залежать від структури і міцнісних характеристик порід.

Всі показники цього рівняння справедливі тільки при прикладенні навантаження із швидкістю $v \ll 7 \div 13 \text{ м/с}$. Загальний вигляд формули без врахування степені подрібнення (і) виражається наступним чином:

$$A = aF^b n^c, \quad (24)$$

де a – коефіцієнт енергоємності, який являється узагальненим показником передачі ударного навантаження і міцнісних властивостей породи;

$$b=1 \div 23.$$

Прийнявши показник $b=1$, а добуток $an^c = K$, формулу (24) можна привести до вигляду $A = KD^2$.

Висновки:

1) В сучасний час найбільш розповсюдженими гіпотезами є емпіричні закони Ріттінгера і Кірпічева-Кіка.

2) Отримувані різними авторами залежності враховують, як правило, часткові задачі, являються вельми наближеними і не враховують цілий ряд факторів. Крім того, в розглянутих нами формулах не враховується метод вибору показника міцнісних властивостей породи, внутрішнє і зовнішнє тертя в камері подрібнення і т.д.

3) Розглянуті закони базуються на процесі подрібнення тіл правильної геометричної форми під дією рівномірно розподілених стискаючих навантажень, фактично ж руйнування матеріалу відбувається під дією зосереджених навантажень. Таким чином застосування законів для розрахунку дробильно-помольних машин потребує подальших досліджень.

Література

1. В.С.Блохин, В.И.Большаков, Н.Г.Малич. Основные параметры технологических машин. Машины для дезинтеграции твердых материалов: Учебное пособие. ч.1. – Днепропетровск: ИМА-пресс. – 2006. – 404 с.
2. Б.В. Клушанский, А.И. Косарев, Ю.А. Муйземнек. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Маш-ние, 1990. -320 с
3. Брок Д. Основы механики разрушения. – М.: Высш. шк., 1980. – 368 с.
4. Левин В.А., Морозов Е.М., Матвиенко Ю.Г. Избранные нелинейные задачи механики разрушения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 408 с. – ISBN 5-9221-0514-0.
5. Назаренко І.І. Машины для виробництва будівельних матеріалів: Підручник. – К.:КНУБА, 1999. – 488 с.
6. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. Учеб. для строительных вузов и факультетов. М., «Высш. школа». 1971. - 382 с. с илл.
7. Андреев С.Е. О законах дробления. – Горный журнал, 1962, №4
8. Либовиц Г. Разрушение. Т. 1,2,3,7. М., Мир, 1973-1976.
9. Ярошев Д.М. Проблемы комплексной механизации и энергетический метод. М., Стройиздат, 1964.
10. Пейн Р.С., Холмс Д.К., Кларк Х.Е. Предотвращение перебора породы посредством предварительного щелеобразования по контуру выработки // В кн.: Разрушение и механика горных пород. Пер. с англ.). М.: Госгортех-издат. - 1962.
11. Шкуренко Н. С., Рахлин А.В., Спектор М.Д. та ін. Виброметод разработки мерзлых грунтов. М., Стройиздат, 1969.

УДК 622.232.5.05

С.В. Зайченко к.т.н., доцент НТУУ "КПІ"

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ КІЛЬЦЕВОЇ КОНСТРУКЦІЇ РОЛИКОВИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ КОНІЧНОЇ ФОРМИ

АНОТАЦІЯ. Наведено результати досліджень взаємодії роликового робочого органу конічної форми з бетонною сумішшю при формуванні кільцевого підземного кріплення.

Ключові слова: контактні тиски, опір зсуву, густина, роликовий робочий орган, ортотропія.

АННОТАЦИЯ. Приведены результаты исследований взаимодействия роликового рабочего органа конической формы с бетонной смесью при формировании кольцевого подземного крепления.

Ключевые слова: контактные давления, сопротивление сдвигу, плотность, роликовый рабочий орган, ортотропия.

ABSTRACT. The results of studies on the interaction of working roller tapered body with concrete mix during the formation of the underground ring attachment.

Keywords: contact pressure, shear strength, density, roller working body orthotropy.

Вступ. Сучасний етап розвитку підземного будівництва характеризується складними умовами зведення споруд, які викликані тектонічними порушеннями, різноманітністю геологічних особливостей і змін в межах невеликих просторів. Застосування різних технологій зведення підземних споруд направлено на створення конструкцій, які мають необхідну міцність, жорсткість і стійкість для їх експлуатації і експлуатації об'єктів, які знаходяться на поверхні. Остання властивість підземних споруд передбачає застосування додаткових заходів, які пов'язані в комплексі зведення споруд, які б передбачали зведення до мінімуму просадки поверхні. Основою даних заходів є нагнітання бетонного розчину в закріпний простір, або формування монолітного кріплення зовнішній контур якого представляє гірський масив. Способом зменшення собівартості витратних матеріалів і збільшення швидкості зведення монолітного кріплення тунелів є застосування засобів для ущільнення бетонних сумішей. Метод роликового формування дозволяє зводити кільцеві підземні конструкції з жорстких бетонних сумішей, що забезпечують отримання бетонів з високими техніко-експлуатаційні показниками [1 - 3].

При дослідженні процесу роликового ущільнення одним з головних питань, вирішення якого дозволяє встановити енергосилові параметри системи, є рішення контактної задачі взаємодії роликового робочого органу з середовищем, що жорстко підсилено гірським масивом.

Огляд останніх джерел досліджень і публікацій. Опису процесу роликового формування плоских виробів присвячено ряд робіт [4-7], в яких вирішено задачу в плоскій постановці, що дозволяє визначити параметри системи за умови сталого значення міцнісних характеристик середовища уздовж робочого органу сталого перетину. Наближеними дослідженнями до умов формування кільцевого кріплення є роботи [8, 9] основними питаннями яких є розподіл напружень у об'ємі виробу при відомих контактних тисках, що не дозволяє використати отримані результати для вирішення контактної задачі.

Таким чином попередні рішення контактної взаємодії не враховували анізотропію фізико-механічних властивостей середовища і зміну геометричних параметрів уздовж осі обертання, що значно впливає на характер розподілу контактних тисків по площі контакту.

Постановка завдання. Для створення формуючих роликових агрегатів, характеристики яких відповідали б умовам формування кільцевого кріплення необхідно визначити контактні тиски, які діють в площині контакту робочого органу з врахуванням фізико-механічних властивостей середовища і зміни геометричних параметрів уздовж осі обертання.

Виклад основного матеріалу. При дослідженні контактної взаємодії роликового робочого органу змінного радіусу розглянемо випадок дії на шар суміші конічного ролика з початковим радіусом R_0 і радіусом основи конуса $R_{\hat{e}}$, з довжинами конічної і циліндричної частини $L_{\hat{e}}$ і $L_{\check{o}}$ відповідно (рис. 1). Конічна частина призначена для формування, а циліндрична частина призначена для загладжування отриманої поверхні кільцевого кріплення.

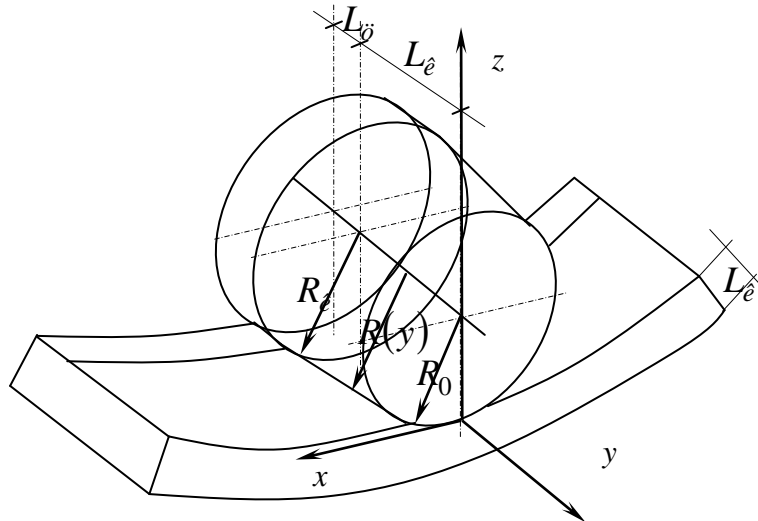


Рисунок 1. Схема взаємодії конічного ролика з бетонною сумішшю.

Дія роликового робочого органу на бетонну суміш направлена за його переміщенням і представляє собою складний рух, який можливо розкласти на плоскопаралельний рух в площині, перпендикулярній осі обертання (XOZ) ролика і поступальний рух, який паралельний осі обертання (OY). Траєкторія руху осі робочого органу представляє собою гвинтову лінію з кроком на декілька порядків меншою за діаметр, що дозволяє знехтувати дією ролика на суміш в осьовому напрямі і зробити припущення, що плоскодеформований стан суміші орієнтується перпендикулярно напрямку руху ролика. При плоскодеформованому стані суміші під час роликового ущільнення, максимальні дотичні тиски виникають у площинах перпендикулярних осі обертання робочого органу.

Скористаємось отриманими диференціальними рівняннями розподілу напружень у середовищі p_x по дузі контакту φ_x (рис. 2), які отримані в роботах [5, 6], під час дії роликового робочого органу для зони контакту, яка розділяється на зону випередження I і зони відставання II і III, за умови зміцнення бетонної суміші по всій зоні навантаження (I і II):

$$d \left(p_x - 2 \left(\operatorname{tg} \varphi_{\delta \hat{a} \hat{\delta}} \cdot p_x + \frac{\tau_{i \hat{a} \hat{n}} - \tau_{\hat{a} \hat{e} \hat{\delta}}}{\varphi} (\varphi_x) + \tau_{\hat{a} \hat{e} \hat{\delta}} \right) \right) =$$

$$I, \quad = \left(2 \left(\operatorname{tg} \varphi_{\delta \hat{a} \hat{\delta}} \cdot p_x + \frac{\tau_{i \hat{a} \hat{n}} - \tau_{\hat{a} \hat{e} \hat{\delta}}}{\varphi} \varphi_x + \tau_{\hat{a} \hat{e} \hat{\delta}} \right) - p_x \left(\mu + \xi \left(\operatorname{tg} \left(\arcsin \frac{R \sin \phi_x}{R_{\hat{a}}} \right) + \mu_{\hat{a}} \right) \right) \right) \frac{dh_n}{h_x} = 0; \quad (1)$$

$$\begin{aligned}
 & d \left(p_x - 2 \left(\operatorname{tg} \varphi_{\delta \hat{\alpha} \hat{\delta}} \cdot p_x + \frac{\tau_{i \hat{\alpha} \hat{n}} - \tau_{\hat{\alpha} \hat{\delta} \hat{\delta}}}{\varphi} (\varphi_x) + \tau_{\hat{\alpha} \hat{\delta} \hat{\delta}} \right) \right) = \\
 \text{II,} & \quad = \left(2 \left(\operatorname{tg} \varphi_{\delta \hat{\alpha} \hat{\delta}} \cdot p_x + \frac{\tau_{i \hat{\alpha} \hat{n}} - \tau_{\hat{\alpha} \hat{\delta} \hat{\delta}}}{\varphi} \varphi_x + \tau_{\hat{\alpha} \hat{\delta} \hat{\delta}} \right) - p_x \left(-\mu + \xi \left(\operatorname{tg} \left(\arcsin \frac{R \sin \varphi_x}{R_{\hat{\alpha}}} \right) - \mu_{\hat{\alpha}} \right) \right) \right) \frac{dh_n}{h_x} = 0; \\
 \text{III,} & \quad \frac{dp_x}{d\varphi_x} = \frac{\left((p_x(1-\beta)) \sin \varphi_x - 2\beta p_x \left(-\mu + \xi \left(\operatorname{tg} \left(\arcsin \frac{R \sin \varphi_x}{R_{\hat{\alpha}}} \right) - \mu_{\hat{\alpha}} \right) \right) \cos \varphi_x \right) \left(R - \frac{R^2 \cos \varphi_x}{\sqrt{R_{\hat{\alpha}}^2 - (R \sin \varphi_x)^2}} \right)}{\left(R(1 - \cos \varphi_x) - (R_{\delta} + \Delta R_{i\delta}) + R_{\hat{\alpha}} \cos \left(\arcsin \frac{R \sin \varphi_x}{R_{\hat{\alpha}}} \right) \right)}, \quad (3)
 \end{aligned}$$

де $\tau_{i\hat{\alpha}\hat{n}}$ – значення опору зсуву на початку зони контакту; $\tau_{\hat{\alpha}\hat{\delta}\hat{\delta}}$ – значення опору зсуву виробу; $\varphi_{мер}$ – кут внутрішнього тертя; p_x – нормальний тиск; τ_0 – початковий граничний дотичний тиск; $\beta = \frac{p_x}{\sigma_x}$ – коефіцієнт бокового тиску; μ , $\mu_{\hat{\alpha}}$ – коефіцієнти тертя суміші по поверхням робочого органу і виробки; R_{δ} , R , $R_{\hat{\alpha}}$ – радіуси тунелю, ролика і виробки; $\Delta R_{i\delta}$ – пружне відновлення; ξ – коефіцієнт розсіювання.

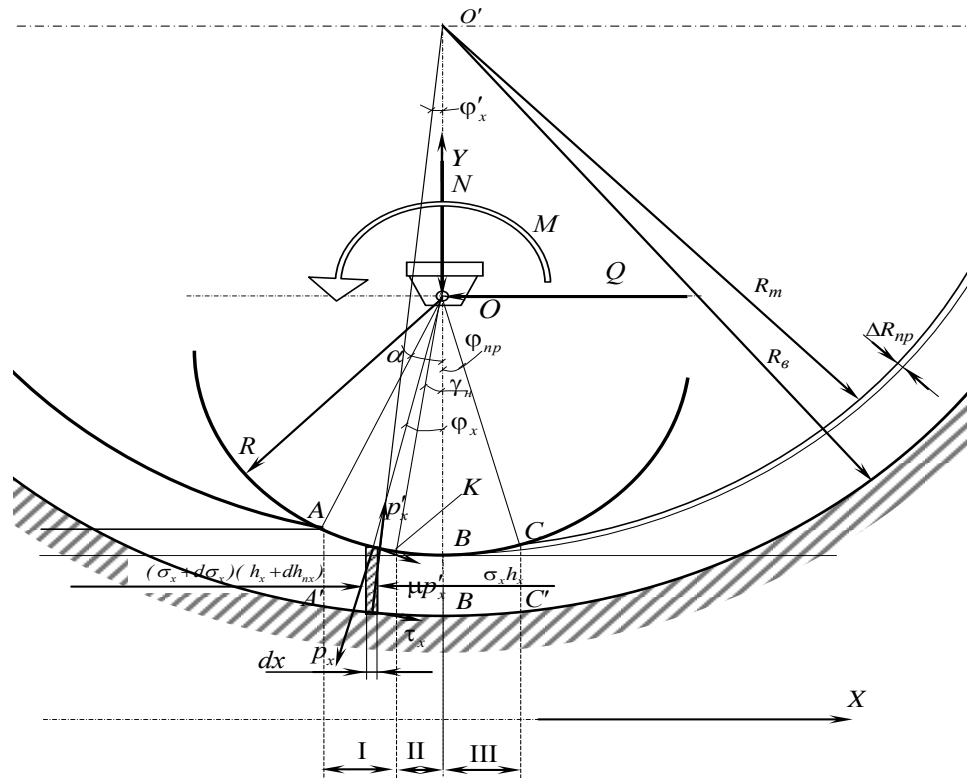


Рисунок 2. Моделювання процесу роликів формувальних затрубного простору тунелю.

При рішенні трьохмірної задачі, більша частина коефіцієнтів, диференціальних рівнянь (1-3), які залежать від ущільненості суміші і геометрії контактної зони, змінюються в ортогональних напрямках, як у напрямку руху робочого органу так і вздовж його осі. Встановлення їх розподілу дозволить визначити тиски, які виникають в зоні контакту робочого органу з середовищем.

Зміна опору зсуву виробу $\tau_{\hat{\alpha}\hat{\delta}\hat{\delta}}$ залежить від коефіцієнта ущільнення, який в свою чергу залежить від густини виробу $\rho_{\hat{\delta}-\hat{\delta}}(y)$:

$$\tau_{\hat{a}\hat{e}\hat{o}}(y) = \tau_k + \nu \frac{\rho_{\hat{e}-\hat{o}}(y)}{\rho_{\hat{e}}},$$

де τ_k , ν - коефіцієнти пропорційності; $\rho_{\hat{e}}$ - кінцева густина виробу.

Забезпечення стабільності процесу формування досягається безперервною подачею суміші, висота якої не повинна перебільшувати кута захвату α . У випадку циліндричного ролика, це забезпечується сталою висотою підсіпки рихлої суміші. Для випадку ролика з конічною частиною (рис. 1) висота підсіпки змінюється по довжині ролика y :

$$h(y) = R(y) \cos(\alpha), \quad (4)$$

де $R(y)$ - радіус конічної частини робочого органу:

$$R(y) = R_0 + \frac{R_{\hat{e}} - R_0}{L_{\hat{e}}} y,$$

де R_0 , $R_{\hat{e}}$, $L_{\hat{e}}$ - початковий радіус, кінцевий радіус і довжина конічної частини робочого органу.

Висота шару суміші, який ущільнюється $H(y)$:

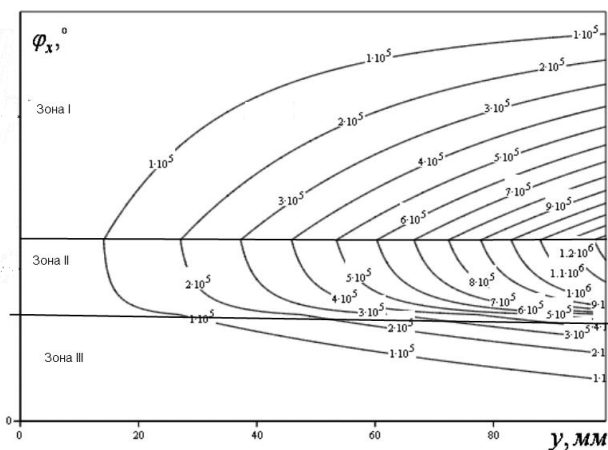
$$H(y) = H + \frac{R_{\hat{e}} - R_0}{L_{\hat{e}}} (L_{\hat{e}} - y),$$

де H - кінцева товщина шару конструкції.

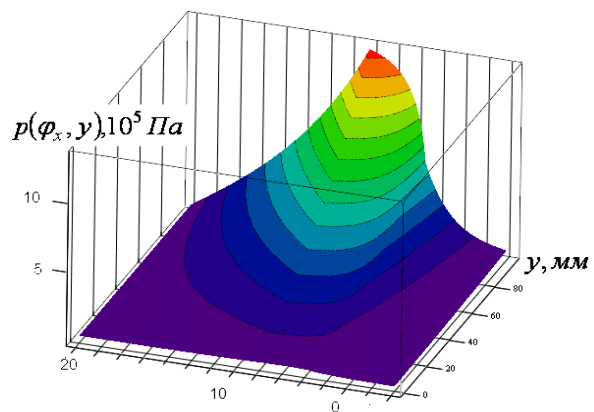
Зміна густини уздовж осі обертання $\rho_{\hat{e}-\hat{o}}(y)$:

$$\rho_{\hat{e}-\hat{o}}(y) = \int_0^y \frac{\rho_0 \left(R_0 + \frac{R_{\hat{e}} - R_0}{L} y \right) (1 - \cos(\alpha))}{H + \frac{R_{\hat{e}} - R_0}{L} (L - y)} n_{\delta} \frac{\omega_{\delta}}{2\pi} \frac{dy}{2V_{\hat{i}}} + \rho_0, \quad (5)$$

де ρ_0 - початкова густина виробу.



а)



б)

Рисунок 3. Епюри розподілу нормального контактного тиску по площі контакту:

а - ізолінії контактних тисків; б - епюра розподілу.

Скориставшись отриманими рівняннями зміни параметрів (4, 5) диференціальних рівнянь (1-3) уздовж осі повороту OY можливо знайти розподіл контактних тисків по довжині контакту вирішивши чисельним методом відносно p_x (рис. 1). Початкові умови для точки початку взаємодії ролика з середовищем $\varphi_x = \varphi$ є умова початку пластичного деформування суміші $p(\varphi) = 2\tau_s$.

Висновки. Отриманий теоретичний розподіл контактних тисків по площі контакту свідчить про поступове, параболічне зростання максимального тиску значення тиску, що пов'язано з аналогічним характером зміни опору зсуву $\tau_{\hat{a}\hat{e}\hat{\delta}}(y)$. Зміна тисків по дузі контакту має опуклий характер у зоні навантаження-випередження (II), що характерно до реального розподілу контактних при взаємодії індентора з пластичним середовищем [10, 11].

Отримана епюра нормальних тисків початку процесу формування бетонної суміші має практично сталий характер $p_x \approx 2\tau_{\hat{a}\hat{e}\hat{\delta}}(y)$, що пов'язано з початковим етапом ущільнення і мінімальним значенням міцністих характеристик суміші.

Експериментальні дані визначення контактних тисків процесу взаємодії циліндричного індентора на жорстко-пластичне середовище мають полого значення екстремуму на відміну від отриманого теоретичного. Дану відмінність пояснює два можливих явища: присутність у зоні максимальних тисків ядра ущільнення з затриманою деформацією, яке змінює фактично форму індентора; тертя у пограничній зоні контакту бетонної суміші, яке змінює коефіцієнт тертя.

Виникнення максимального тиску на границі контакту викличе зсув суміші, як у сторону головного руху так і поздовж обертання робочого органу. Поява пластичних деформацій орієнтованих просторово в зоні максимальних тисків змінить характер і значення екстремуму контактних тисків.

Література

1. А.с. 59231 UA, МКП В28В 13/00. Пристрій для формування будівельних виробів/ С.П. Шевчук, С.В. Зайченко(UA). – № u201013627; заявл. 16.11.2010, опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8. – 2 с. іл.
2. Гарнець В.М., Зайченко С.В. Високоєфективне обладнання для виробництва пустотних панелей // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини: Республіканський міжвідомчий науково-технічний збірник. - К.:КНУБА, 1998. - Вип. 52. - С.78...82.
3. Лысиков Б. А. Строительство метрополитена и подземных сооружений на подрабатываемых территориях/ Лысиков Б. А., Розенвассер Г. Р., Шаталов В. Ф.// Учеб. пособие для вузов Под ред. Проф. Б. А. Лысикова. – Донецк: Норд-Пресс, 2003. – 304 с.
4. Кролев Н. Е. Формование железобетонных изделий методом роликового прессования / Н. Е. Кролев, В. Н. Кузин, С. А. Селиванов, Труды/ НИИЖБ. - М., 1976, вып.22, С. 32 - 38.
5. Лавринев П. Г. Технология роликового формования изделий из мелкозернистых бетонов с принудительным повтором рабочего органа. Автореф. дисс. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. -М., 1983, НИИЖБ. 24 с.
6. Контактна взаємодія робочих органів безвібраційних бетоноформуєчих агрегатів при виробництві пустотних панелей: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.05.02 / С.В. Зайченко; Київ. нац. ун-т буд-ва і архіт. — К., 2001. — 19 с.
7. Зайченко С.В. Контактна взаємодія роликових робочих органів при формуванні кільцевої конструкції / С.В. Зайченко, С.П. Шевчук, В.М. Гарнець // Гірничі електромеханіка та автоматика: наук. - техн. зб. - 2011. - Вип 87. - С. 127-133.
8. Шинкаренко В.И. Совершенствование процессов роликового формования мелкозернистых бетонных смесей : Дис. канд. техн. наук. – Днепропетровск, 1989. – 305 с.
9. Нетеса Н.И. Исследование напряжённого состояния бетонной смеси при роликовом прессовании/ Нетеса Н.И., Заяц Ю.Л., Шинкаренко В.И. // Существование процесса уплотнения сборного железобетона применяемого для железнодорожного строительства. ДИИТ, 1988. - С. 21-23.
10. Hambleton J. Development of improved test rolling methods for roadway embankment construction / Hambleton J., Drescher A. //University of Minnesota Department of Civil Engineering. – Minnesota, 2008. – 287 с.
11. Chiroux R.C. Raper Three-dimensional finite element analysis of soil interaction with a rigid wheel / .C. Chiroux, W.A. Foster Jr., C.E. Johnson, S.A. Shoop, R.L. Raper // Applied Mathematics and Computation. – Elsevier, 2005- №162.– С. 707-722

УДК 691.54

Ю.О. Баранов, канд.техн.наук, доцент КНУБА,
М.О. Клименко, асистент КНУБА

КРИТЕРІЙ ВИБОРУ ЗМІШУВАЧА СУХИХ БУДІВЕЛЬНИХ СУМІШЕЙ

АННОТАЦІЯ. Наведено результати аналізу змішувачів для отримання однорідних сухих будівельних сумішей. Запропоновано методологію та критерій вибору змішувачів сухих будівельних сумішей. Подані особливості конструктивного виконання найбільш важливих для якості суміші вузлів змішувачів, які використовуються провідними виробниками такого устаткування.

Ключові слова: змішувач сухих будівельних сумішей, деагломератор, активатор, дисперсність, центрифужний змішувач.

АННОТАЦИЯ. Приведены результаты анализа смесительного оборудования для получения однородных сухих строительных смесей. Предложена методология и критерии выбора смесителей сухих строительных смесей. Даны особенности конструктивного исполнения наиболее важных для качества смеси узлов смесителя, которые применяются ведущими производителями такого оборудования.

Ключевые слова: смеситель сухих строительных смесей, деагломератор, активатор, дисперсность, центрифужный смеситель.

SUMMARY. Results of analysis of mixer equipment for the receipt of homogeneous dry build mixtures are given. The method and criteria's for choosing mixers of dry build mixtures are proposed. In article there are design features of the mixer main parts that are the most important for the mixture quality.

Key words: mixer of dry build mixtures, deagglomerator, activator, dispersion, rotary mixer.

Постановка проблеми. Технологія сухих сумішей в будівництві має більш ніж піввікову історію. Всі основні технічні рішення апробовані на сотнях закордонних заводів. Заводи, які будуються в СНД і установки часто не відповідають сучасним вимогам. Типові їх недоліки - обмежені можливості для розширення асортименту продукції, недостатня якість змішування - пов'язані в основному з дефіцитом інформації.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Стаття присвячена основному елементу заводу – змішувачу. Статус загально визнаного стандарту у виробництві сухих сумішей до останнього часу належав горизонтальним центрифужним змішувачам (рис. 1), проте на сьогодні потужного поширення знаходять змішувачі із вертикальним валом (рис. 3,а).



Рисунок 1. Горизонтальний центрифужний змішувач.

Незважаючи на значний розвиток, звичайні змішувачі для отримання однорідних сухих будівельних сумішей із горизонтальним валом (одним або двома) [2, 3, 4] вже майже себе вичерпали. Наступним етапом розвитку таких машин є використання в них

деагломераторів, які є останньою спробою модернізації обладнання шляхом підвищення інтенсифікації впливу на змішувачі компоненти [5, 6].

Мета дослідження: Виконати аналіз змішувачів, які використовуються для перемішування сухих будівельних сумішей. Подати конструктивні особливості найголовніших вузлів змішувачів, які мають найбільший вплив на остаточний результат перемішування. Розробити критерії та надати рекомендації щодо вибору типу змішувача в залежності від типу сухих будівельних сумішей.

Виклад основного матеріалу. Ідея виробництва сухих сумішей полягає в тому, щоб кожній конкретній задачі відповідав спеціально призначений для цього продукт. Асортимент іноземних виробників деяких сумішей нараховує сотні найменувань. В арсеналі вітчизняних виробників поки, що нерідко зустрічаються більше десятків рецептур, але всі поважні компанії приділяють багато уваги збільшенню свого асортименту.

Ідеальний завод сухих сумішей будується за принципом: мінімальна партія – один заміс. Можливість швидкого переходу від однієї суміші до іншої досягається при циклічному змішуванні і вертикальній компоновці технологічної системи.

Змішувачі за інтенсивністю класифікують із використанням безрозмірного критерію Фруда:

$$Fr = \frac{R\omega^2}{g},$$

де: R – максимальний радіус робочого органу, ω – кутова швидкість обертання, g – прискорення вільного падіння.

Критерій Фруда характеризує співвідношення центробіжної сили і сили тяжіння, яка діє на частки продукту в процесі змішування і дозволяє порівняти між собою змішувачі різних типів і конструкцій.

На рис. 2 показані три різні типи змішування в лопатевому змішувачі з горизонтальним валом.

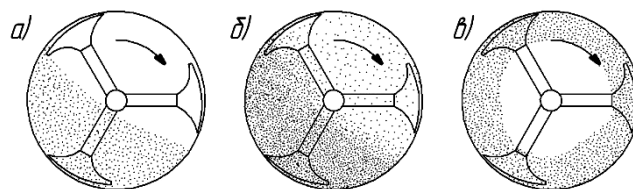


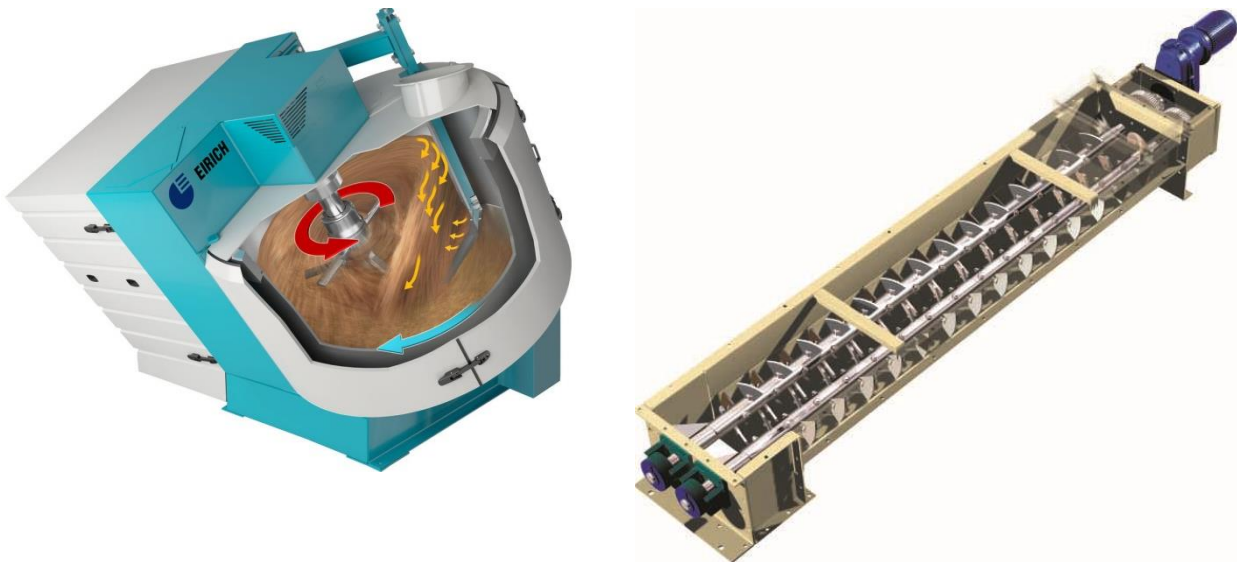
Рисунок 2. Режими змішування: а) $Fr < 1$, б) $1 < Fr < 7$, в) $Fr > 7$.

При $Fr < 1$ компоненти, які змішуються, лежать на днищі, а лопаті виштовхують частинки на поверхню. При цьому продукт підіймається в напрямку обертання і утворює деякий кут відкосу. При сухому змішуванні такий режим використовують, коли потрібно уникнути механічного розпушення дрібної фракції. Для нього характерне збільшення часу на змішування, а також наявність мертвої зони – зазору між лопатями і днищем, де змішування не відбувається.

В інтервалі $1 < Fr < 7$ частки вкидаються у вільний простір, а продукт знаходиться у зваженому стані. Такий режим характеризується низькими енерговитратами і середніми значеннями часу змішування.

При $Fr > 7$ на стінах корпусу утворюється більш-менш щільне кільце продукту. Витрати часу при цьому змішуванні найменші. Такий режим змішування називають центрифужним і використовують при виготовленні сухих будівельних сумішей.

Існують також змішувачі, які працюють при значеннях $Fr \gg 10$, наприклад змішувач з вертикальним валом (рис.3,а). Вони забезпечують високу якість змішування. Непогані результати можна також отримати в двовальних змішувачах з $1 < Fr < 7$ (рис. 3, б).



а) б)
Рисунок 3. Змішувачі для сухих будівельних сумішей:
а) з вертикальним валом фірми *Eirich*, $Fr=30$,
б) двовальний фірми *WAM Group* $1 < Fr < 7$.

Час змішування залежить від багатьох факторів – конструкції і об'єму змішувача, конфігурації і швидкості руху робочих органів, складу і властивостей інгредієнтів.

На рис. 4 показана залежність тривалості змішування сухих порошкоподібних компонентів в одновальному горизонтальному змішувачі від інтенсивності змішування і об'єму змішувача. Як видно, прийнятні значення досягаються в центрифужному режимі вже при $Fr = 6 \dots 9$.

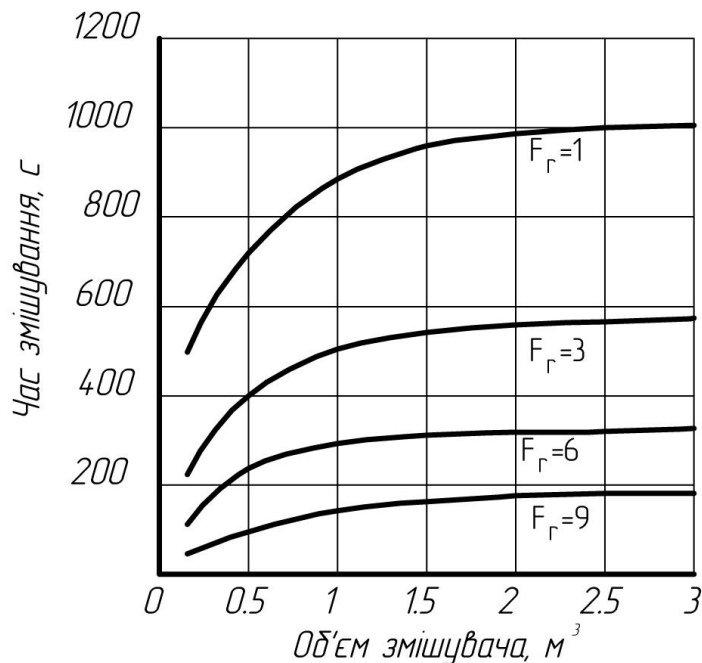


Рисунок 4. Час змішування в горизонтальному одновальному змішувачі для різних швидкостей обертання лопатей.

Потрібно мати на увазі, що наведені дані стосуються визначеного складу і змішувача з лопатями визначеної конфігурації і розмірів.

Для кожного конкретного складу, особливо у випадках сумішей з малою кількістю домішок, час змішування потрібно підбирати індивідуально, дослідним шляхом.

Тривалість змішування компонентів заданого складу визначають технології діючих виробництв. При підборі об'єму центрифужного змішувача в розрахунок приймають середні значення числа циклів на годину: 24 – при виробництві простих сумішей, 13 – при виробництві сумішей з невеликою кількістю.

При проектуванні заводу потужністю 30 тис. т на рік, в асортименті якого будуть в основному просторі суміші враховують: годину продуктивності (250 робочих днів при зміні у 8 годин) 15 т/год, об'єм одного замісу (середня насипна щільність 1,4 т/куб. м) 0,466 куб. м, максимальне завантаження змішувача не більше 70%. Тому необхідний змішувач об'ємом 0,637 куб. м.

Виробниками центрифужних змішувачів пропонуються об'єми 0,3; 0,65; 0,8; 1,2; 1,5; 2; 3 куб. м, з яких для нашого прикладу підходить змішувач об'ємом 0,65 куб. м. Розподіл в суміші домішок, які вводяться в кількості менше 1%, є найбільш складним завданням.

В той же час якість модифікованих сумішей визначається саме розподіленням домішок. Відхилення вмісту хімічних домішок всього на 0,1% може чинити вплив на експлуатаційні властивості готового продукту більше, ніж відхилення співвідношення в'язучого і заповнювача в межах декількох процентів.

Для приготування сумішей з домішками використання змішувачів з групи $Fr < 1$ неприпустимо, оскільки вміст домішок в мертвій зоні завжди відрізняється від середньої величини незалежно від часу змішування. Непридатними для таких цілей є також роторні змішувачі та змішувачі із стрічковими робочими органами, оскільки мають особливо велику мертву зону.

Щодо споживаної потужності, то вона визначається величиною внутрішнього тертя між частинками. Залежність споживаної потужності від швидкості обертання лопатей горизонтального змішувача наведена на рис.5. Спочатку зі збільшенням швидкості відбувається насичення продукту повітрям і тертя знижується. Мінімум на кривій відповідає псевдорідкому стану, за якого тертя мінімальне. Перехід в центрифужний режим супроводжується ущільненням продукту і збільшенням внутрішнього тертя.

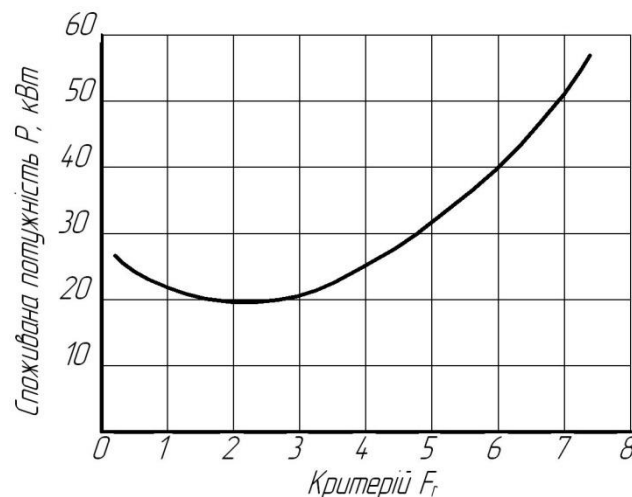


Рисунок 5. Споживання потужності одновального змішувача в залежності від швидкості обертання.

З точки зору питомих енерговитрат найгіршим є режим $Fr < 1$. В центрифужному режимі споживана потужність зростає (необхідний більш потужний електропривод), але час змішування при цьому зменшується і питоме енергоспоживання майже не змінюється.

Можливість розвантаження без залишків, легкість очистки і простота конструкції - головні переваги одновальних горизонтальних змішувачів, завдяки яким вони все ще утримують міцні позиції у виробництві сухих будівельних сумішей.

На рис. 6 наведена схема розвантаження змішувача з повністю відкритим по всій довжині корпусу днищем. Повне розвантаження досягається при величині кута відкритого



сектору більше подвійного значення кута природного нахилу суміші. Для ілюстрації умов повного вивантаження на рис. 7 показані достатній і недостатній кути сектора відривання. Кут нахилу дотичної до корпусу змішувача в нижній його точці рівний половині кута відкриваючого сектора. В першому випадку він більший кута природного нахилу суміші β , а отже суміш вивантажується без залишків.

В другому – менше і при вивантаженні в нижній частині корпусу на стінках залишається деяка кількість суміші.

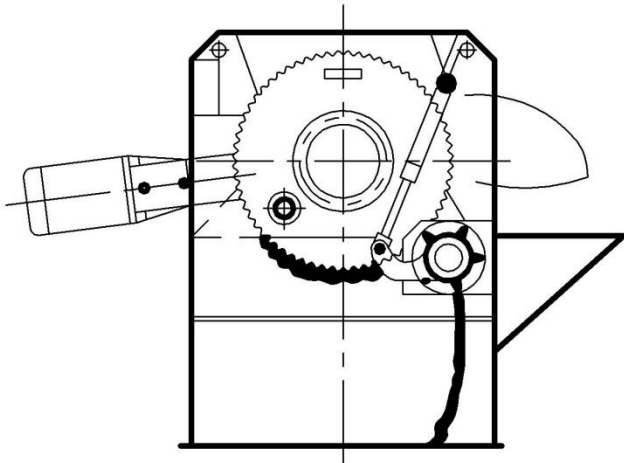


Рисунок 6. Розвантаження змішувача з повністю відкритим днищем.

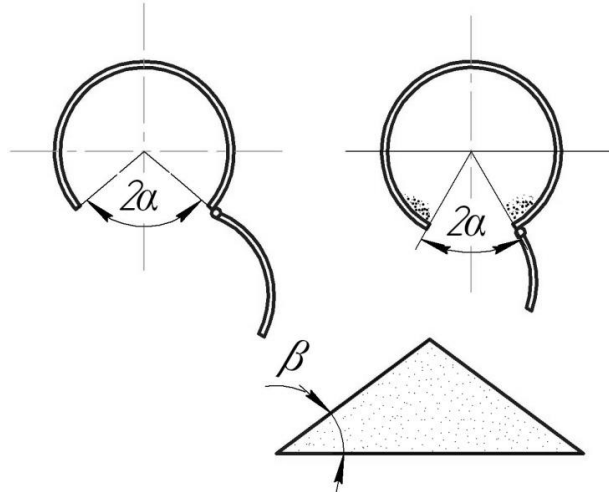


Рисунок 7. Умова повного розвантаження: а) $\alpha > \beta$ – повне розвантаження, б) $\alpha < \beta$ – неповне розвантаження.

Недоліком системи розвантаження з днищем, яке повністю відкривається є необхідність очищення поверхні ущільнення по периметру розвантажувальних дверцят. До складу суміші входять достатньо крупні (до 8 мм) заповнювачі. Якщо вони залишаються на поверхні ущільнення, то герметизації не буде забезпечена і можлива втрата тонких фракцій в процесі змішування. Очищення ущільнення досягається шляхом подачі в змішувач стисненого повітря в момент закривання дверцят.

Змішувачі з днищем, яке повністю відкривається використовують у виробництвах, де протягом доби виникає необхідність послідовної зміни декількох десятків рецептур. Якщо добова програма виробництва обмежується декількома рецептурами, дозволяється використовувати змішувач із розвантажувальним клапаном (рис. 8). В цьому випадку розвантаження без залишку не досягається, перехід від суміші з крупним заповнювачем до суміші з дрібним заповнювачем повинен супроводжуватися чищенням. Щоб мінімізувати простої, чищення змішувача виконують вранці, і далі планують виробництво на добу так, щоб від дрібних сумішей послідовно переходити до більш грубих.

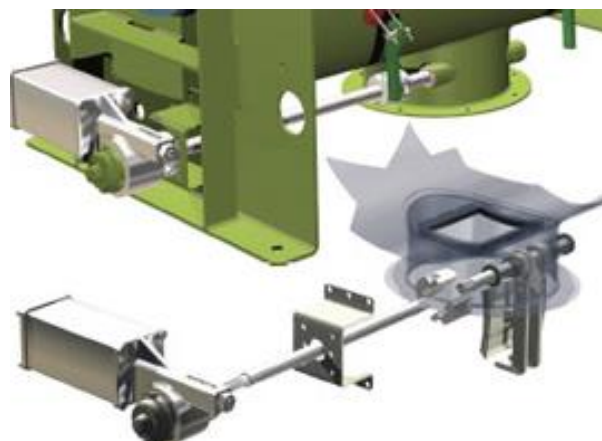


Рисунок 8. Розвантажувальний клапан.

Ефективність змішування в значній мірі пов'язана з конфігурацією робочих органів змішувача. Так лопаті центрифужного змішувача, виконані у формі плуга, який є винаходом фірми Lodige (рис. 9, а). Плуг розпушує кільце продукту, яке притискається відцентровою силою до стінки і відкидає його вправо і вліво від себе.

У виробництві сухих сумішей часто застосовуються і лопаті традиційної форми (рис. 9, б), які забезпечують осьове переміщення компонентів суміші до центру, в той час як допоміжні лопаті, розташовані на меншому радіусі, використовуються для організації осьового переміщення компонентів у зворотному напрямку. Кути нахилу лопатей, площа їх поверхні знаходяться в тісному взаємозв'язку зі швидкістю обертання головного вала.

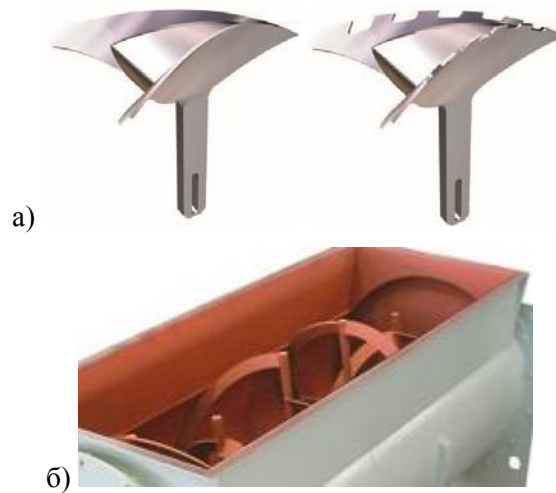


Рисунок 9. Лопаті основної мішалки у формі: а) плуга; б) короткої стрічки.

В якості домішок в сухих сумішах можуть використовуватися сотні хімічних компонентів з різними властивостями. Якщо в складі суміші присутні інгредієнти, схильні до агломерації, центрифужні змішувачі обладнують деагломераторами. Їх застосування виправдовується при виготовленні сумішей, які армуються короткими волокнами або якщо до складу сухої суміші хоча б одна добавка вводиться в рідкому виді.

За формою робочого органу і принципом дії деагломератор нагадує звичайну електричну кавомолку (рис. 10), лопатки якої обертаються з високою швидкістю, подрібнюючи грудки. Розташовуються деагломератори на бічній поверхні корпусу. Їх кількість залежить від об'єму змішувача і властивостей компонентів. Якщо використання схильних до агломерації інгредієнтів не планується, місця, призначені для встановлення деагломераторів, можуть бути заглушені.



Рис. 10. Деагломератор

Для контролю якості змішування, змішувач може бути обладнаний пробовідбірником з пневмоприводом. На розсуд технолога відбір проб може виконуватися в ручному або



автоматичному режимі частіше або рідше, в залежності від задачі: поточний контроль, перехід від однієї рецептури до іншої, відпрацювання режиму для нової суміші, тощо.

Продукти, що змішуються, особливо кварцовий пісок, відносяться до категорії абразивних, тому робочі органи змішувача виготовляються зі спеціальних зносостійких матеріалів, а конструкція їх кріплення повинна забезпечувати можливість швидкої заміни.

Висновки.

1. Проведений аналіз вітчизняних і закордонних змішувачів, які використовуються для перемішування сухих будівельних сумішей, дозволив визначити конструктивні особливості найголовніших вузлів змішувача, що чинять найбільший вплив на остаточний результат перемішування, – рівномірний розподіл усіх сировинних компонентів в об'ємі суміші, незалежно від кількості даного компонента та його агрегатного стану.
2. Запропоновані критерії та рекомендації до вибору типу змішувачів сухих будівельних сумішей в залежності від її складу та основних параметрів, таких як продуктивність, енерговитрати, час на перемішування.
3. Незважаючи на наявне підвищення інтенсивності взаємодії робочих органів змішувачів із оброблюваним середовищем і, як наслідок, підвищення енергетичного впливу на змішувані матеріали, треба зазначити, що змішувачі з горизонтальним валом практично вичерпали свої можливості в розрізі підвищення концентрації енергії у змішувальній камері із збільшенням кількості обертів змішувального вала. Широке використання останнім часом деагломераторів є останньою спробою модернізації обладнання шляхом підвищення інтенсифікації впливу на змішувані компоненти, особливо ті, які мають дуже незначну кількість.

Література

1. ГОСТ 16349-85. Смесители циклические для строительных материалов. Технические условия. Межгосударственный стандарт. М. – 1985. – 11с.
2. Хинт И. А. Основы производства силикальцитных изделий / Хинт И. А. – М.:Стройиздат, 1962. – С. 40 - 51.
3. Сиденко П. М. Измельчение в химической промышленности / Сиденко П. М. – М.: Стройиздат, 1968. – С. 22 - 43.
4. Ильевич А. П. Машины и оборудование для заводов по производству керамики и огнеупоров / Ильевич А. П. – М.: Машиностроение, 1968. – С. 28 - 55.
5. Телешов А.В., Сапожников В.А. Производство сухих строительных смесей: критерии выбора смесителя// Строительные материалы. – 2000. - №1. – С.10-11.
6. Использование кривых поверхностей для образования рабочего органа активатора /К.К. Мирошниченко, Т. П. Яровая // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури . - Днепропетровск: ПГАСА, 2011 . - № 1 - 2. - С. 67 - 74.

УДК 693.548.4.001.5

В.Й. Сівко, д.т.н., професор КНУБА
М.П. Кузьмінець, к.т.н., доцент КНУБА

ДИНАМІЧНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

АНОТАЦІЯ. Викладена методика вдосконалення динамічних параметрів касетних установок, що отримала практичну перевірку і задовільну оцінку у виробничих умовах. Це дозволило удосконалити технологію виготовлення виробів у касетних установках за рахунок оптимізації напружено-деформованого стану бетонної суміші в робочій зоні та розробки принципової схеми збудження коливань роздільного листа і збільшення його динамічних параметрів.

Ключові слова: касетна установка, бетон, віброформування, напружено-деформований стан

АННОТАЦИЯ. Изложенная методика совершенствования динамических параметров касетных установок, которая получила практическую проверку и удовлетворительную оценку в производственных условиях. Это позволило усовершенствовать технологию изготовления изделий в касетных установках за счет оптимизации напряженно-деформированного состояния бетонной смеси в рабочей зоне и разработки принципиальной схемы возбуждения колебаний раздельного листа и увеличения его динамических параметров.

Ключевые слова: касетная установка, бетон, виброформирование, напряженно-деформированное состояние.

ANNOTATION. Expounded method of perfection of dynamic parameters of the cassette settings, which got practical verification and satisfactory estimation in production terms. It allowed to perfect technology of making of wares in the cassette settings due to optimization of the tense-deformed state of concrete mixture in a working area and development of principle chart of excitation of vibrations of separate letter and increase of his dynamic parameters.

Keywords: cassette setting, concrete, vibroforming, tense-deformed state.

Вступ. Касетні установки отримали широке застосування для формування виробів у будівництві, при виготовленні панелей, перегородок, внутрішніх стін, плит перекриттів. Конструктивно касетні установки є набором роздільних листів і парових відсіків, встановлених з зазором на товщину виробу (10...16 см). Бетонна суміш подається в цю вузьку щілину висотою до 2,5 м, причому заповнюючий простір насичений арматурою і конструктивними технологічними деталями: розпірними конусами, закладними елементами, дверними блоками.

Аналіз досліджень. Ущільнення суміші відбувається за рахунок коливань розділових листів вібраторами, навішеними на листи збоку (рис. 1).

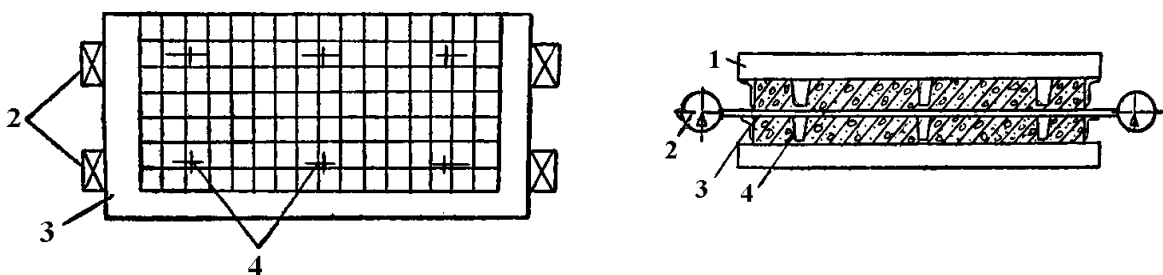


Рисунок 1. Фрагмент касетної установки: 1 – паровий відсік; 2 – віброзбуджувач; 3 – бортоснастка; 4 – розпірні конуси.

Касетна технологія виготовлення залізобетонних виробів характеризується простотою устаткування, високою продуктивністю, але має ряд істотних недоліків: використання рухливих бетонних сумішей (осадка конуса 12...16 см), що призводить до підвищення



витрат цементу; незадовільна в низці випадків якість поверхні виробу, що вимагає додаткових шпаклювальних робіт; неоднорідні міцнісні показники по висоті виробу.

Постановка проблеми. Аналіз конструкцій касетних установок і дослідження промислового устаткування показали, що коливання роздільних листів мають нерівномірний характер і малу величину (0,1...0,2 мм). Це не дозволяє домогтися якісного ущільнення бетонної суміші.

Мета дослідження з метою вдосконалення динаміки роботи касетних установок вивчалися форми власних коливань листів та з бетонною сумішшю, і проводилося дослідження режимів їх роботи, найбільш сприятливих для ущільнення бетону. Враховуючи, що експериментальні дослідження досить трудомісткі, рішення поставленої задачі проводилося експериментально та чисельно.

Методика досліджень. Чисельні розрахунки виконані із застосуванням методу скінченних елементів з урахуванням коефіцієнтів впливу, відомих з курсу опору матеріалів, що показують величину прогину від дії одиничного навантаження при розгляді пластини як двомірної балки.

Основна частина. Наприклад, для системи з трьома ступенями свободи маємо три коефіцієнта прямого впливу $\alpha_{11}, \alpha_{22}, \alpha_{33}$, відповідних одиничним силам і прогинам, вимірюваних у точках прикладання цих сил, і шість коефіцієнтів сполученого впливу $\alpha_{12}, \alpha_{21}, \alpha_{13}, \alpha_{31}, \alpha_{23}, \alpha_{32}$, що відповідають різним точкам одиничних сил і вимірюваних прогинів. Центри мас, на які виконано розбиття моделі, зазнають дії сил:

$$m_1 \ddot{x}_1, m_2 \ddot{x}_2, m_3 \ddot{x}_3,$$

де m_1, m_2, m_3 – маси скінченних елементів; $\ddot{x}_1, \ddot{x}_2, \ddot{x}_3$ – прискорення цих мас.

Прогин під дією цих сил в першій масі дорівнює:

$$x_1 = -\alpha_{11}m_1\ddot{x}_1 - \alpha_{12}m_2\ddot{x}_2 - \alpha_{13}m_3\ddot{x}_3.$$

Аналогічно складемо рівняння для другої та третьої мас:

$$\begin{aligned} x_2 &= -\alpha_{21}m_1\ddot{x}_1 - \alpha_{22}m_2\ddot{x}_2 - \alpha_{23}m_3\ddot{x}_3, \\ x_3 &= -\alpha_{31}m_1\ddot{x}_1 - \alpha_{32}m_2\ddot{x}_2 - \alpha_{33}m_3\ddot{x}_3. \end{aligned}$$

Наведені рівняння описують поведінку даної системи з урахуванням сил інерції і пружних сил, закладених в коефіцієнтах впливу. Під дією змушуючої сили $P_0 \sin \omega t$, (P_0 – амплітуда змушуючої сили; ω – частота) у першій масі статичні деформації в кожній з мас будуть мати вигляд:

$$\alpha_{11}P_0 \sin \omega t; \quad \alpha_{21}P_0 \sin \omega t; \quad \alpha_{31}P_0 \sin \omega t.$$

Тоді рівняння вимушених коливань матимуть вигляд:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= -\alpha_{11}m_1\ddot{x}_1 = \alpha_{12}m_2\ddot{x}_2 - \alpha_{13}m_3\ddot{x}_3 + \alpha_{11}P_0 \sin \omega t, \\ x_2 &= -\alpha_{21}m_1\ddot{x}_1 - \alpha_{22}m_2\ddot{x}_2 - \alpha_{23}m_3\ddot{x}_3 + \alpha_{21}P_0 \sin \omega t, \\ x_3 &= -\alpha_{31}m_1\ddot{x}_1 - \alpha_{32}m_2\ddot{x}_2 - \alpha_{33}m_3\ddot{x}_3 + \alpha_{31}P_0 \sin \omega t. \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Припускаючи, що рішення мають вигляд:

$$x_1 = a_1 \sin \omega t, x_2 = a_2 \sin \omega t, x_3 = a_3 \sin \omega t. \quad (2)$$

де a_i – амплітуда переміщень.

Після підстановки рівняння (2) в рівняння (1) можна їх навести наступній формі:

$$\left. \begin{aligned} (m_1\alpha_{11} - 1/\omega^2)a_1 + m_2\alpha_{12}a_2 + m_3\alpha_{13}a_3 &= -\alpha_{11}P_0/\omega^2; \\ m_1\alpha_{21}a_1 + (m_2\alpha_{22} - 1/\omega^2)a_2 + m_3\alpha_{23}a_3 &= -\alpha_{21}P_0/\omega^2; \\ m_1\alpha_{31}a_1 + m_2\alpha_{32}a_2 + (m_3\alpha_{33} - 1/\omega^2)a_3 &= -\alpha_{31}P_0/\omega^2. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Тоді визначник цієї системи матиме вигляд:

$$\Delta = \begin{vmatrix} m_1\alpha_{11} - 1/\omega^2, & m_2\alpha_{12}, & m_3\alpha_{13}, \\ m_1\alpha_{21}, & m_2\alpha_{22} - 1/\omega^2, & m_3\alpha_{23}, \\ m_1\alpha_{31}, & m_2\alpha_{32}, & m_3\alpha_{33} - 1/\omega^2. \end{vmatrix} \quad (4)$$

Розклавши визначник (4), отримаємо кубічне рівняння, відоме під назвою «рівняння частот», яке має три корені, які визначають три власні частоти. Кожному з цих рішень відповідають значення амплітуд, які визначають конфігурацію системи при коливанні (форму коливань). Таким чином, маємо три види власних коливань.

Амплітуда деформацій

$$a_1 = \frac{\Delta_{a_1}}{\Delta}; a_2 = \frac{\Delta_{a_2}}{\Delta}; a_3 = \frac{\Delta_{a_3}}{\Delta},$$

де

$$\Delta_{a_1} = \begin{vmatrix} -\alpha_{11}P_0/\omega^2, & m_2\alpha_{12}, & m_3\alpha_{13}, \\ -\alpha_{21}P_0/\omega^2, & m_2\alpha_{22} - 1/\omega^2, & m_3\alpha_{23}, \\ -\alpha_{31}P_0/\omega^2, & m_2\alpha_{32}, & m_3\alpha_{33} - 1/\omega^2. \end{vmatrix} \quad (5)$$

Аналогічно визначаються Δ_{a_2} і Δ_{a_3} .

Зі збільшенням густоти сітки розбивання моделі на елементи рівняння коливань (1) значно ускладнюються, але точність рішення збільшується. У даній роботі розрахункова модель отримана діленням листа на 7×16 скінченних елементів.

Для аналітичного дослідження та розв'язку форм коливань роздільних листів було використано ЕОМ та програми [1] для визначення динаміки і стійкості складних оболонкових і пластинчастих конструкцій в лінійній і нелінійній постановках.

В даному дослідженні розв'язувались наступні задачі: визначення форм власних коливань, розрахунок роздільних листів на примусові коливання в вільному стані, розрахунок коливань в умовах віброформування бетонної суміші, експериментальні визначення амплітуд коливань розподільних листів. Вивчення форм власних коливань показало, що пластина здійснює коливання при 9 - ти власних частотах (12; 14; 15,1; 18,65; 20,5; 23,46; 27,00; 34,00; 45,00 Гц). Аналіз отриманих результатів [1] дозволив установити, що найбільш раціональними будуть коливання по 4-ій формі (рис. 2), враховуючи необхідність установлення розпірних конусів і забезпечення при цьому найменшої передачі коливань на раму.

Виконано розрахунок власних і вимушених коливань вільної пластини з бетонною сумішшю без урахування і з урахуванням розпірних конусів.

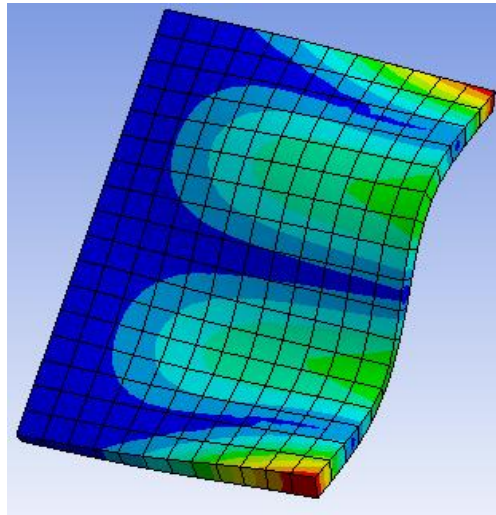


Рисунок 2. Приклад розрахунку власних коливань при частоті 18,65 Гц.

Отримано п'ять частот і відповідних їм форм власних коливань, аналіз яких показав, що найбільш прийнятною з технологічної точки зору є третя форма (табл. 1), що має дві напівхвилі в поздовжньому напрямку з вузловою лінією по середині пластини.

Розрахунок частот власних коливань пластини з урахуванням розпірних конусів показав, що значення частот і відповідних їм форм коливань практично не змінилися.

Таблиця 1.

Власні коливання вільної пластини без розпірних конусів.

Частота, Гц	12,0	15,7	18,7	20,5	23,5
Форма коливань					

Таблиця 2.

Вільні коливання з урахуванням бетонної суміші.

Частота, Гц	13,51	18,65	19,97	21,06	37,34
Форма коливань					

Таблиця 3.

Вільні коливання з бетонною сумішшю.

Частота, Гц	24,0	36,68	43,0	49,0	62,0
Форма коливань					

Вплив бетонної суміші при коливаннях роздільних листів виконувався при значеннях коефіцієнтів приєднання маси бетону $\alpha = 0,3$ з двох сторін. Значення частот і форми

власних коливань листа з урахуванням приєднаної маси наведено в табл. 2. У порівнянні з коливаннями вільної пластини, значення частот дещо збільшилися. Можна зробити висновок про те, що бетонна суміш чинить вплив на спектр частот роздільних листів. Однак форми коливань залишилися практично незмінними, з більш чіткими лініями перегину листа.

Форми вимушених коливань пластини з бетонною сумішшю розглядалися при частотах, характерних для заводських умов формувань виробів (24,0; 36,68; 43,0; 49,0; 62,0 Гц). Найбільш часто зустрічається частота 43,0 Гц. З табл. 3 видно, що при цьому є багато точок перегину, що вказують на імовірну причину нерівномірності виробів по об'єму.

Експериментальні дослідження касетних установок виконувалися в натурних умовах, а вимірюванням амплітуд коливань роздільних листів з використанням спеціального віброщупа прикріпленого на телескопічній штанзі та зв'язаного з осцилографом. Така конструкція датчика дозволяла вимірювати динамічний режим практично в будь-якій точці площини листа при різних видах технологічного навантаження. Замір переміщень проводився в точках на висоті 250, 1250 і 2000 мм від верху пластини. На кожному рівні знімалися показання в семи точках: дві 1,1 і 1,7 – за межами робочої зони, на консольних ділянках роздільного листа і п'ять (1,2; 1,3; 1,4; 1,5; 1,6) – в робочій зоні на рівних відстанях один від одного.

Результати замірів для рівня 250 мм і заповнення відсіків бетоном на одну третину представлені в табл.4.

Таблиця 4.

Вимірюванням амплітуд A коливань роздільних листів.

№ точки	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7
A дослідна, мм	0,86	0,60	0,70	0,60	0,36	0,25	0,60
A розрахункова, мм	1,81	0,71	0,71	0,70	0,27	0,18	0,72

Порівнюючи розрахункові і дослідні значення переміщень роздільного листа, неважко зробити висновок, що вони задовільно збігаються (середня похибка становить 18%).

Розбіжність значень для точки 1,1 викликано неможливістю чіткого обліку способу заземлення листа в реальних умовах роботи касетних установок.

Висновки.

1. Аналіз викладених досліджень дозволив визначити режими коливань роздільних листів і відповідні їм форми, що задовольняють технологічним вимогам підвищення інтенсивності коливань (частоти 46, 48 і 49 Гц).

2. З метою зменшення непродуктивної передачі енергії на парові відсіки і станину машини в цілому і підвищення ефективності амплітуди коливань роздільних листів без суттєвої переробки машин представляється можливим дати рекомендації по розміщенню технологічного оснащення в вузлових лініях.

3. Розроблена методика вдосконалення динамічних параметрів касетних установок отримала практичну перевірку і задовільну оцінку у виробничих умовах виготовлення виробів.

4. Виконані дослідження дозволяють удосконалити технологію виготовлення виробів у касетних установках за рахунок оптимізації напружено-деформованого стану бетонної суміші в робочій зоні касетної установки і розробки принципової схеми збудження коливань роздільного листа і суттєвого збільшення його динамічних параметрів.

Література

1. Басов К.А. ANSIS в примерах и задачах / Под общ. ред. Д.Г. Красковского. – М.: КомпьютерПресс, 2002. – 224 с.: ил/
2. Сівко В.Й., Кузьмінець М.П. Прикладна механіка робочих процесів машин // Монографія, – К.: НТУ, 2009, – 349 с.



Технологія і організація виробництва

УДК 69.057.45

К. В. Черненко, аспірант кафедри ТБВ КНУБА

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ МЕТОДИКИ ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДНІМАННЯ УКРУПНЕНИХ НАДВАЖКИХ І ВЕЛИКОРОЗМІРНИХ ПОКРИТТІВ З ОДНОЧАСНИМ ВЛАШТУВАННЯМ ПОСТІЙНИХ ОПОР

АННОТАЦІЯ: В роботі розглядаються напрямки і наводяться основні положення методики підвищення ефективності великоблочного монтажу при спорудженні одноповерхових будівель і споруд шляхом удосконалення технології піднімання укрупнених до повній заводській готовності в робочій зоні монтажу надважких і великорозмірних покриттів спеціальними вантажопідйомними крокуючими модулями з одночасним влаштуванням постійних опор.

Ключові слова: великорозмірне покриття, дократ, крокуючий модуль, технологія монтажу, цикл переміщення (піднімання).

АННОТАЦИЯ: В работе рассматриваются направления и приводятся основные положения методики повышения эффективности крупноблочного монтажа при сооружении одноэтажных зданий и сооружений путем усовершенствования технологии подъема укрупненных до полной заводской готовности в рабочей зоне монтажа сверхтяжелых и крупноразмерных покрытий специальными грузоподъемными шагающими модулями.

ANNOTATION: This article considers the directions and shows the principal methods of efficiency in the construction of one-storey buildings and structures large-unit assembling by improving the integrated lift technology of all set in the working area heavy and large-scale coatings with special lifting walking modules while the permanent supports are erected.

Вступ. Спорудження великопрольотних будівель представляє собою особливу цікавість на світовому ринку. Проте зведення таких будівель ускладнене специфікою монтажу покриттів через складність виконання робіт на висоті, підвищеною трудомісткістю, вимогами високої точності, надійності та безпечних методів роботи. В світовій практиці такий монтаж покриттів повної заводської готовності зазвичай здійснюється крановими або безкрановими методами шляхом накочування чи підрощування. При цьому знижується точність монтажу внаслідок гнучкого зв'язку монтажного засобу з вантажем, підвищується небезпека розхитування вантажу від дії природних чинників тощо.

Таким чином, особливого значення набуває питання обґрунтування, удосконалення і розробки ефективних великоблокових методів монтажу до яких відносять надважкі і великорозмірні покритті з застосуванням системи циклічного (крокуючого) їх підйому з одночасним зведенням опорних елементів.

Мета роботи – підвищення ефективності зведення одноповерхових будинків і споруд, за рахунок удосконалення технології монтажу з застосуванням системи вантажопідйомних крокуючих модулів з одночасним зведенням постійних опорних елементів.

Основний матеріал. До основних показників ефективності зведення одноповерхових будинків і споруд відносять капітальні затрати, прибуток, тривалість, трудомісткість та якість зведення конструкцій [2].

В загальному вигляді технологія укрупнення надважких і великоблочних покриттів і їх монтажу розглядається як комплексний процес, який складається з простих (основних і допоміжних) процесів і операцій, які можна розділити на три групи – транспортні, підготовчі і власне монтажні. Технологія укрупнення конструкцій покриттів виконується в технологічній зоні монтажу, що складається із зон монтажу, транспортування, подавання,

розвантаження, складування, попереднього складання (укрупнення), зони суміщеної роботи, робочої зони, тощо (рис. 1).

Визначальним при проектуванні технології піднімання надважкого та великорозмірного покриття є підбір основних монтажних засобів. При існуючій технології підйому таких покриттів з використанням вантажопідйомних засобів з гнучким зв'язком процес монтажу ускладнюється невисокою його точністю, складністю синхронізації групи кранів тощо, що в результаті погіршують показники безпечного виконання монтажних робіт на об'єкті.

Для підвищення точності монтажу при підйомі великоблочного покриття пропонується в якості основної вантажопідйомної машини використовувати спеціально запроєктований вантажопідйомний крокуючий модуль – ВПКМ (рис. 2).

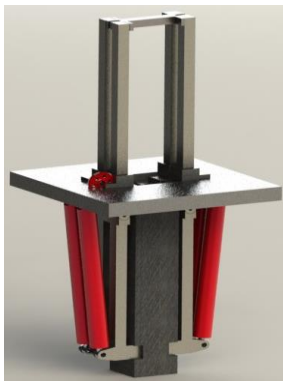
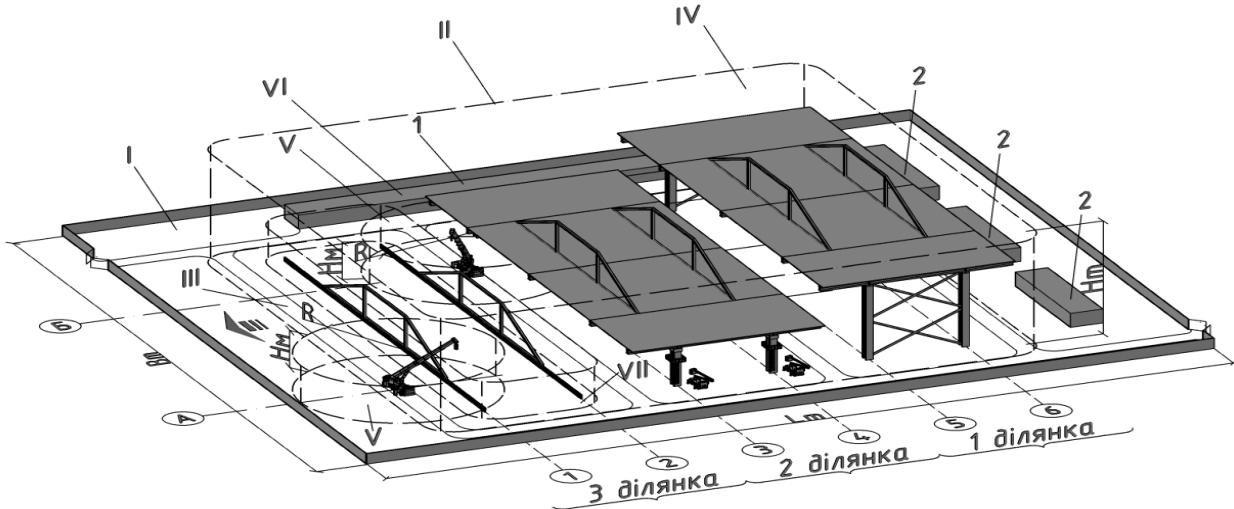


Рисунок 1. Схема організації будівельного майданчика з укрупненням блоків покриття в технологічній зоні, яка складається: I – технологічна зона; II – монтажна зона; III – зона транспортування; IV – робоча зона; V – зона сумісної роботи; VI – зона попереднього складування; VII – зона попереднього укрупнення; 1 – склад; 2 – побутові приміщення; H_m , L_m , B_m – висота, довжина, ширина технологічної зони; H_m – висота підйому конструкції; R_m – радіус дії крану; стрілками показано напрям розвитку фронту робіт (продовжній) по укрупненню і підніманню великорозмірних блоків покриття.

Рисунок 2. Загальний вигляд вантажопідйомного крокуючого модуля – ВПКМ.

Переваги застосування вантажопідйомного крокуючого модуля для піднімання надважких та великорозмірних покриттів полягає в наступному:

- при використанні ВПКМ між опорними елементами та покриттям забезпечується жорсткий зв'язок, що покращує точність монтажу;
- циклічний підйом монтвованої конструкції дозволяє на проміжних етапах контролювати та впливати на точність монтажу;
- конструкція ВПКМ дозволяє одночасно з підйомом конструкції забезпечувати влаштування опорних елементів будівлі (наприклад колон);
- очікується значне зменшення енерговитрат на сам процес підйому надважкого великорозмірного покриття повної заводської готовності в порівнянні з застосуванням поелементного монтажу кранами на проектних відмітках;
- жорсткий зв'язок між монтвованим покриттям та опорними елементами дозволяє паралельно виконувати допоміжні операції при зведенні будівлі

Вибір параметрів вантажопідйомного крокуючого модуля виконується наступним чином [3]:

На етапі проектування аналізується конструктивна схема монтovanого покриття, при якому основними технологічними параметрами будуть маса конструкції G_K , кількість опор n , швидкість підйому конструкції V_K (рис. 3);

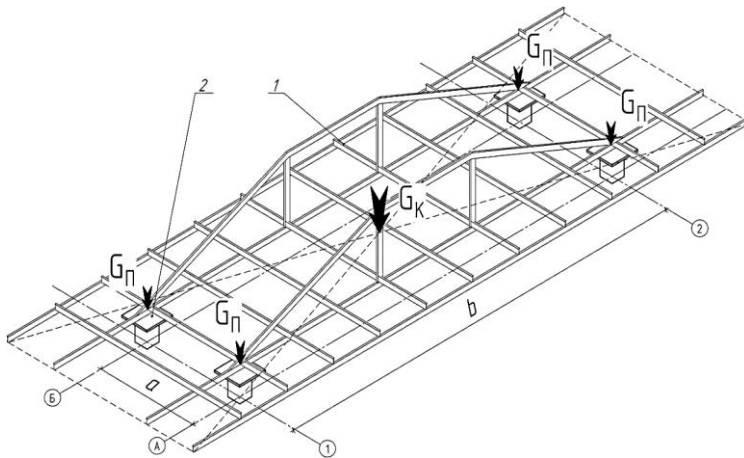


Рисунок 3. Схема визначення навантажень на опорні елементи: 1 – покриття; 2 – вантажопідйомний крокуючий модуль.

дозволяє зменшити габарити циліндру, проте при цьому збільшується його вартість та вартість насосної станції;

3. За величиною значення швидкості підйому конструкції V_K визначаємо величину подачі робочої рідини Q в напірній магістралі приводу (рис. 4). Для кожного конкретного значення необхідної швидкості підйому $V_П$ будується крива подачі робочої рідини. За вибраним значенням діаметру циліндру визначаємо в перетині з кривою $Q=f(D)$ значення подачі робочої рідини Q . Перетин горизонталі Q з графіком $N=f(p_H)$ дозволяє отримати теоретичне значення необхідної потужності одного циліндру для підйому надважкого чи великорозмірного покриття. З урахуванням кількості підйомників, спочатку визначається теоретична потужність насоса а потім і насосної станції, яка визначається за формулою [4]:

$$N_H = \frac{N \cdot n}{\eta_H}, \quad \text{де } \eta_H \text{ – гідромеханічний ККД насоса.}$$

Потужність насосної станції $N_C = \frac{N_H}{\eta_{ПР}}$, де $\eta_{ПР}$ – ККД приводу станції.

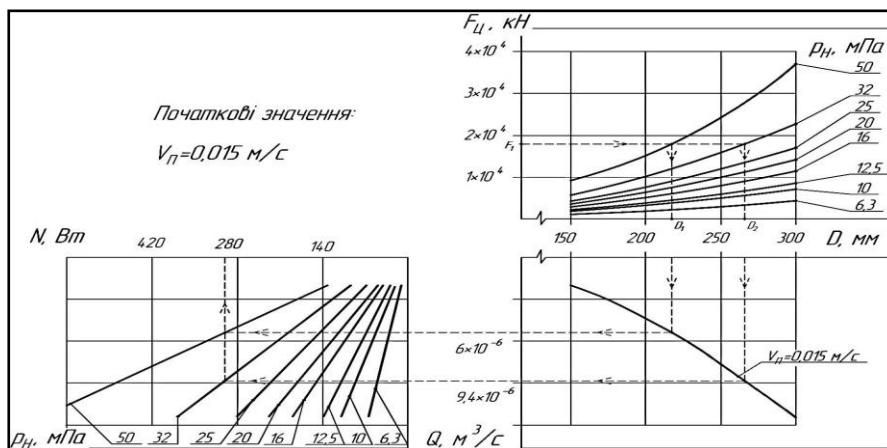


Рисунок 4. Номограма вибору параметрів ВПКМ.

При використанні ВПКМ в технологічному процесі монтажу покриття послідовність виконання робіт прийме наступний вигляд:

1. Монтаж фундаментних опор згідно проекту виконання робіт;

2. Встановлення опорної плити ВПКМ на оголовок фундаментної опори та тимчасове її закріплення;
3. Укрупнене збирання покриття на відм. 0,00 на опорних плитах ВПКМ;
4. Монтаж ВПКМ, фіксація його захватів та зняття тимчасового закріплення (рис.5, а);
5. Підйом покриття до проектної відмітки.
 - 5.1. Висування домкратів на висоту монтажного простору (рис 5, б). Тривалість цього етапу визначається робочими характеристиками ВПКМ [4].
Значення висоти монтажного простору повинне бути $l_{МП}$ більшим висоти монтажного елемента l_K на величину δ , що визначається експериментально та дозволяє вільно встановлювати опорний елемент в монтажний простір ВПКМ.
 - 5.2. Встановлення проміжного опорного елемента та його фіксація у проектному положенні – виконується відомими методами монтажу (рис. 5, в).
Тривалість етапу монтажу проміжного опорного елемента залежить від рівня механізації складових операцій та може бути визначені за нормативними документами.
 - 5.3. Втягування домкратів та опирання на змонтовані опорні елементи (рис. 5, г).
Тривалість цього етапу наближено можна визначати за, $t_4 = V_{II} / l_{МП}$, де $l_{МП}$ – висота монтажного простору, м.
 - 5.4. Втягування домкратів до усунення фіксації захватів ВПКМ (рис. 5, д).
Тривалість цього етапу визначаємо за $t_5 = V_{II} / l_p$, де l_p – величина висування штоків силового гідро циліндра, при якому відбувається вихід захоплювачів з уступів опорних елементів, м;
 - 5.5. Втягування штанг ВПКМ механізмом підйомом з синхронним втягуванням домкратів (рис. 5, е).
 - 5.6. Висування домкратів для фіксації захоплювачів в уступах опорних елементів (рис. 5, ж). Орієнтовно тривалість цього етапу рівна тривалості етапу 5.4.
6. Після підйому покриття до проектної позначки виконується демонтаж ВПКМ.

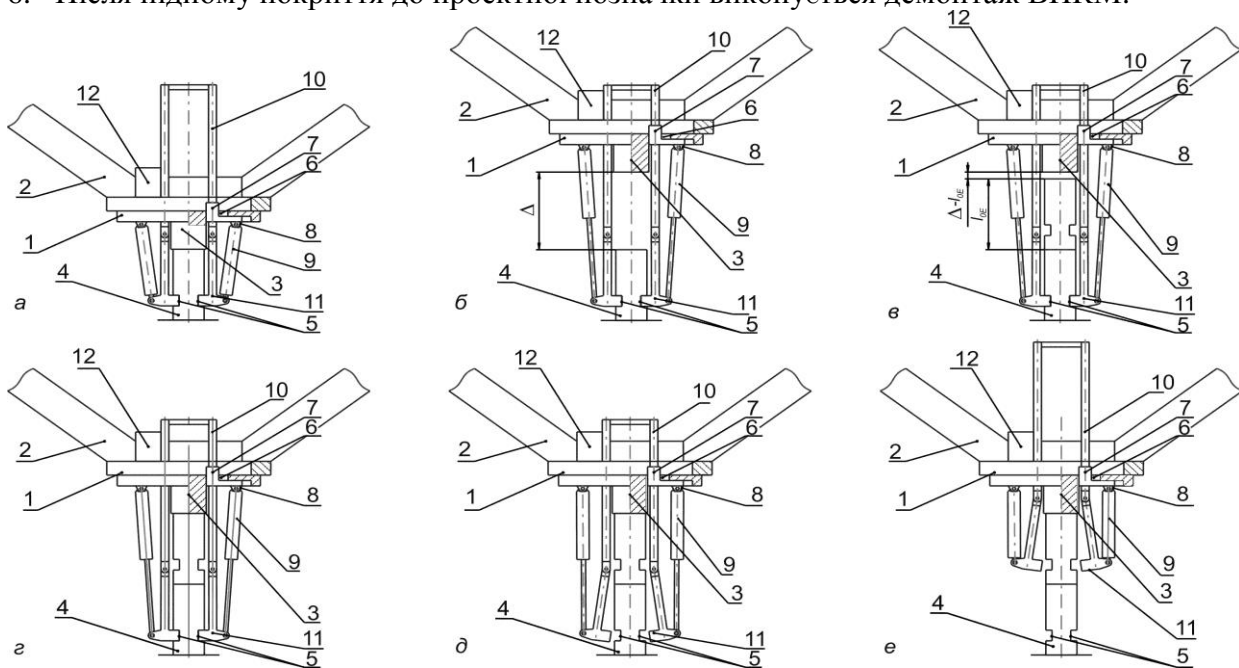


Рисунок 5. Циклічна послідовність виконання робіт по підніманню надважких і великорозмірних покриттів вантажопідйомними крокуючими модулями – ВПКМ (у покриття показано тільки вузлом опирання):

1 – опорна рама пристрою; 2 – опорний вузол великоблокового покриття (складається з розкосів і опорної частини), 3 - центральний опорний виступ; 4 – опорний елемент (конструктивна частина колони); 5 – симетричні уступи у опорному елементі колони; 6 - наскрізні отвори в які вставляються шарнірні лінійні напрямні 7; 8 – отвори для кріплення верхньої частини домкрату 9; 10 – штанги (напрямні); 11- домкратні захоплювачі; 12 – механізм підйому штанг.

З урахуванням запропонованої методики процес монтажу великоблокового покриття можна зобразити у вигляді циклограми (рис. 6), яка розкриває послідовність і час монтажу підйому укрупненого покриття виштовхуванням ВПКМ при одночасному підрошуванні опорних конструкцій. Термін виконання кожної операції (етапу) визначається нормативними документами де за 6-м етапом циклу підйому слідує технологічна пауза, яка може включати в себе операції, необхідні для компенсації, вирівнювання покриття.

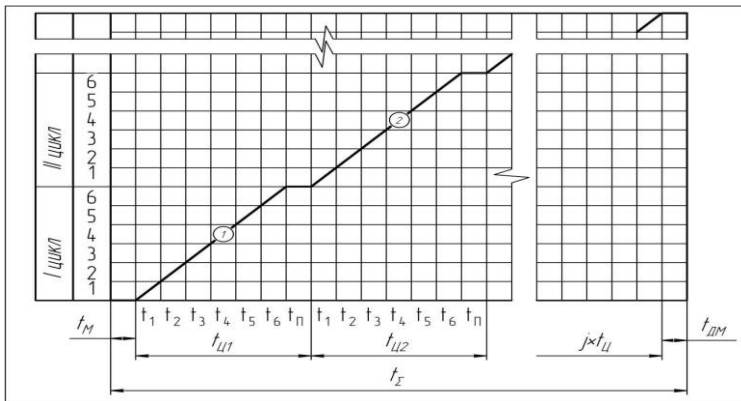
Тривалість циклу підйому визначається з виразу:

$$t_{Ц} = \sum_{i=1}^6 t_i + t_{П}, \quad \text{де } t_{П} - \text{ час технологічної паузи.}$$

Загальну тривалість монтажу покриття можна визначити з виразу:

$$t_{\Sigma} = t_M + t_{DM} \sum_{j=1}^k j \cdot t_{Ц},$$

де t_M – тривалість операцій монтажу фундаментних опор, крупноблочного збирання покриття, монтажу ВПКМ; t_{DM} – тривалість операцій демонтажу ВПКМ.



Отже, з циклограми бачимо, що процес монтажу покриття з використанням ВПКМ має рівномірний послідовний характер, що циклічно повторюється, а кількість кроків до досягнення проектної позначки визначається кроком опорного елемента, величина якого виходить з конструктивних особливостей як монтованої будівлі, так і ВПКМ.

Рисунок 6. Циклограма виконання циклічного піднімання покриття.

Висновки:

Технологія піднімання надважких великоблокових покриттів методом виштовхування домкратними системами має суттєву перевагу над існуючими методами, а саме – монтаж відбувається з одночасним нарощуванням постійних опорних елементів. Така технологія значно покращує безпеку виконання робіт на будівельному майданчику.

Запропонована методика визначення технологічних параметрів монтажу покриттів вантажопідйомними крокуючими модулями актуальна при розробці проекту виконання робіт по зведенню одноповерхових великопрольотних будівель і споруд.

Література

1. Технологія будівельного виробництва: підручн. [для студ.вузів] /В. К. Черненко, М. Г. Ярмоленко, Г.М. Батура та ін.] за ред. В. К. Черненка, М. Г. Ярмоленка. – К.: Вища шк., 2002 –430 с.
2. Технологія монтажу будівельних конструкцій: навч. посіб. [для студ. вузів] / Черненко В.К., Осипов О.Ф., Тонкачев Г. М., Черненко К. В. та ін. за ред. В.К.Черненка – К.: Горобець Г.С., 2010. – 372 с.
3. Черненко К. В. Історія, сучасний стан і перспективи будівництва будинків і споруд з великорозмірними покриттями. / К. В. Черненко – Техніка будівництва, вип. 27, К.: АБУ, КНУБА, 2011, С.36-41.
4. Пелевін Л. Є. Гідро- та пневмоприводи будівельних машин: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / Л. Є. Пелевін, В. М. Смірнов, О. М. Гаркавенко, А. А. Фомін - К. КДТУБА, 2002. - 328 с.

УДК 69.003.658

І.С. Нестеренко

СТАДІЇ ТА ЕТАПИ ПРОВЕДЕННЯ ОЦІНКИ НЕРУХОМОСТІ

АНОТАЦІЯ. Наведено основні стадії та етапи проведення оцінки нерухомості на вторинному ринку, використання яких дозволять визначати більш вірогідну вартість об'єктів.

Ключові слова: стадії, договір, нерухомість, проблема, об'єкт, ідентифікація, оцінка, вартість, інформація, експерт-оцінювач.

АННОТАЦИЯ. Приведены основные стадии и этапы проведения оценки недвижимости на вторичном рынке, использование которых позволит определять наиболее вероятную стоимость объекта.

Ключевые слова: стадии, договор, недвижимость, проблема, объект, идентификация, оценка, стоимость, информация, эксперт-оценщик.

ABSTRACT. The main stages over and stages of carrying out an assessment of real estate are given in the secondary market which use will allow to define the most probable cost of object.

Keywords: stages, real estate, problem, object, authentication, value, cost, information, expert is an appraiser.

Оцінка вартості нерухомості – складний і трудомісткий процес, що складається з декількох стадій та етапів. Достовірна оцінка об'єктів нерухомості в умовах ринкової економіки визначається якістю інформації, на основі якої приймається фінансове рішення. А тому збір і аналітична обробка інформації на різних етапах оцінювання є актуальним предметом дослідження для розробки методології проведення процесу оцінювання.

Розглянемо основні стадії та етапи проведення оцінки нерухомості.

Визначення проблеми. Дана стадія оцінки підрозділяється на етапи: ідентифікація об'єкта; виявлення предмета оцінки; визначення дати оцінки; формулювання цілі і функції оцінки; визначення виду вартості; ознайомлення замовника з обмежувальними умовами.

Ідентифікація об'єкта нерухомості. При ідентифікації об'єкта нерухомості вказуються його найменування, інвентаризаційний номер, місце розташування й інші реквізити і фактичні характеристики.

Виявлення предмета оцінки. Найважливіший момент при здійсненні оцінки об'єкта нерухомості – виявлення предмета оцінки, тобто того, що підлягає оцінці, - весь комплекс майнових прав на нерухомість або деякі майнові права.

Визначення дати оцінки. Дата оцінки - це момент часу, у який виконується оцінка. З часом вартість об'єктів нерухомості змінюється. Наприклад, існують сезонні коливання цін на нерухомість у залежності від часу року. Причому зміни в короткі проміжки часу можуть бути значними. У зв'язку з цим необхідно встановити із самого початку дату оцінки. Це може бути дата його огляду, дата судового розгляду, пов'язаного з поділом майнового комплексу, та ін.

Дата оцінки вартості об'єкта важлива також при використанні порівняльного підходу до оцінки, коли вартість оцінюваного об'єкта дорівнюється з даними порівняних угод. Використовуючи дані по порівняних об'єктах, важливо знати дату їхньої оцінки. У випадку, якщо оцінка об'єкта нерухомості проводиться у зв'язку із судовим розглядом, наприклад у зв'язку з неплатоспроможністю підприємства, дату оцінки може визначити суд.

Формулювання мети і функції оцінки. Визначення мети оцінки – дуже важливий етап. Від цілі оцінки залежить вибір її методики. Неправильно сформульована ціль оцінки спричиняє за собою використання неадекватної методики оцінки і помилковий результат. У зв'язку з цим у звіті по оцінці необхідно зазначити, що дана оцінка дійсна лише для цілі або цілей, зазначених у даному звіті. Використання отриманих результатів в інших цілях



некоректно. Наприклад, методи оцінки об'єкта нерухомості для оподаткування майна відрізняються від підходів, використовуваних для оцінки при його ліквідації.

Формулюючи мету оцінки, ми відповідаємо на запитання: що оцінюється? Ціль оцінки визначає вид вартості, що потрібно визначити. Наприклад, ціль оцінки – визначити ринкову або інвестиційну вартість об'єкта і т.д.

Функція оцінки – це сфера її наступного використання.

Наприклад, оцінка необхідна для допомоги продавцю або покупцю у визначенні ціни об'єкта нерухомості. Формулюючи функцію оцінки, ми відповідаємо на запитання, для чого необхідна оцінка. Оцінка може проводитися для оподаткування, страхування, кредитування, купівлі, продажі, оренди, ліквідації і т. д.

Визначення виду вартості. В даний час виділено п'ять основних видів вартості нерухомості: ринкові, інвестиційні, відновна, ліквідаційна вартості і вартість заміщення.

Ознайомлення замовника з обмежувальними умовами. На першій стадії оцінки необхідно ознайомити замовника з основними обмежувальними умовами, що супроводжують оцінку вартості об'єкта нерухомості. Вони формулюються для захисту інтересів замовника й експерта – оцінювача. Частина їй при необхідності варто відбивати в звіті про оцінку, щоб уникнути в майбутньому у відношеннях між замовником і експертом – оцінювачем конфліктних ситуацій.

Попередній огляд об'єкта і висновок договору на оцінку. Друга стадія оцінки – це попередній огляд об'єкта і висновок договору на оцінку. Ця стадія оцінки включає: попередній огляд об'єкта і знайомство з його адміністрацією; визначення вихідної інформації і її джерела; визначення складу групи експертів – оцінювачів; упорядкування завдання на оцінку і календарний план; підготування і підписання договору на оцінку.

Попередній огляд об'єкта і знайомство з його адміністрацією. На цій стадії оцінки об'єкт попередньо оглядається й експерт знайомиться з його адміністрацією. Попередній огляд об'єкта краще провести з одним із досвідчених представників замовника, щоб, оглядаючи об'єкт, спробувати більше дізнатися в нього про передісторію розвитку об'єкта, продукції, його фізичний стан, кваліфікацію робітників і керівників підприємства, психологічний клімат в колективі, перспективи розвитку підприємства й ін., більш глибоко зрозуміти що являє собою даний об'єкт.

Важливо на цьому етапі оцінки визначити представника замовника, що буде формулювати завдання, підписувати договір про оцінку і здійснювати приймання звіту, забезпечувати вихідною інформацією. Важливо також визначити експерта – оцінювача, відповідального за підготування і здачу звіту замовнику.

Визначення вихідної інформації і її джерела. На даному етапі необхідно визначити типи даних, використовуваних для оцінки, а також їхні джерела. Це можуть бути відомості про ринок, на якому функціонує об'єкт, дані про інші аналогічні об'єкти, фінансові і техніко – економічні показники діяльності підприємства і перспектив його розвитку на найближче майбутнє, дані про соціальні, політичні, правові, економічні й екологічні чинники, що впливають на вартість оцінюваного об'єкта. Найпоширеніший засіб уявлення загальних даних – це розбивка їх на підрозділи, що стосуються ринку і сектори ринку, на якому функціонує об'єкт, виду продукції, цін на її, місця розташування об'єкта (тобто дані про місто, район, де розташований об'єкт) і т.д. Перевага даного засобу одержання інформації полягає в тому, що, зібравши і систематизувавши інформацію один раз, її можна використовувати для проведення оцінок і інших об'єктів. В даний час, коли ринок, пов'язаний з оцінною діяльністю, нерозвинутий, збір інформації для об'єктів нерухомості – найбільше трудомістка частина всього процесу оцінки.

Визначивши види даних, необхідних для оцінки, важливо виявити джерела їх одержання. Це можуть бути управлінські служби замовника, спеціальні періодичні видання, державні органи керування, спеціальна довідкова література, колеги експерта – оцінювача. При укладанні договору на оцінку об'єктів нерухомості необхідно зазначити

склад документів, що замовник повинний надати експерту – оцінювачу до визначеного терміну, із тим щоб він зміг почати оцінку об'єкта.

Визначення складу групи експертів – оцінювачів. Відповідальний за проведення оцінки експерт – оцінювач повинен визначити склад групи експертів, що будуть брати участь в оцінці вартості об'єктів нерухомості. Невеликий об'єкт нерухомості може оцінювати один експерт. Якщо об'єкт значний, то для оцінки необхідно залучити кілька людей – економістів, фахівців із маркетингу, технічних експертів, екологів і т.д.

Досвід оцінки об'єктів нерухомості свідчить про те, що для оцінки необхідно залучати представників замовника. Їх знання і досвід необхідні в основному для одержання даних про майбутні прибутки, щоб оперативніше одержати вихідні дані і здати звіт про оцінку.

Упорядкування завдання на оцінку і календарний план. Завдання на оцінку, як правило, підготовлює експерт – оцінювач. Практика показує, що замовник через відсутність достатніх знань в області оцінки робить це недостатньо чітко. Недостатня чіткість у формулюванні цілей і функцій оцінки – основна причина помилок і конфліктних ситуацій у відношеннях між замовником і експертом – оцінювачем. Завдання на оцінку включає наступне: ім'я замовника; ім'я експерта – оцінювача; предмет оцінки; дату оцінки; мета і функція оцінки; застосовуваний стандарт вартості; календарний план; особливі умови.

Приведений вище склад завдання на оцінку має зразковий характер. У кожному випадку експерт – оцінювач уточнює склад завдання на оцінку виходячи з конкретних особливостей об'єкта оцінки.

У процесі оцінки можливі відхилення від завдання або доповнення до нього. Ці випадки фіксуються експертом – оцінювачем доповідними записками замовнику. Копії доповідних записок додаються до звіту про оцінку.

При розробці завдання на оцінку важливо визначити предмет оцінки, тобто що оцінюється – вид вартості об'єкта або характер майнових прав.

Завдання на оцінку повинно бути прикладене до звіту про оцінку.

Розробка і підписання замовником і експертом – оцінювачем докладного календарного плану оцінки – важливий етап, що організує сторони на цілеспрямовану роботу. Іноді трапляється, що замовник затримує видачу вихідних даних по оцінці, а експерт – оцінювач, не маючи чіткого календарного плану, затримує підготування підсумкового звіту і висновки по оцінці. При затримці замовником вихідних даних на якийсь час, як правило, на такий же термін затримується видача звіту про оцінку.

Тривалість оцінки об'єкта нерухомості залежить від розміру об'єкта. У середньому тривалість оцінки об'єкта нерухомості складає 2-3 тижні. Проте при роботі зі значними об'єктами тривалість оцінки може бути значно більше.

Підготування і підписання договору на оцінку. Процес підготування і підписання договору на оцінку має особливості, обумовлені предметом і об'єктом оцінки, можливостями замовника і кваліфікацією експерта – оцінювача.

Оплата послуг експерта – оцінювача. В основу визначення розміру оплати послуг експерта – оцінювача може бути призначені фіксована ціна або погодинна оплата. Фіксована ціна визначається виходячи з розміру фіксованого відсотка від балансової вартості нерухомості. Звичайно цей розмір складає до 10%. Фіксована ціна не робить впливу на результати оцінки вартості нерухомості і може бути використана в якості основи для оплати послуг експерта – оцінювача. Розмір оплати послуг експерта – оцінювача залежить від багатьох чинників, у тому числі від складності і масштабності об'єкта оцінки, досвіду, іміджу і кваліфікації експерта – оцінювача, фінансових можливостей замовника.

Підготувавши проект договору на оцінку вартості нерухомості, експерт – оцінювач подає його замовнику для ознайомлення. В якості додатка до договору додається завдання на оцінку.



Вибір підходу оцінки. Відомо декілька десятків підходів оцінки об'єктів нерухомості, використовуваних для різноманітних видів об'єктів: будівель, споруджень, приміщень, земельних ділянок, і т.д. Вибір того або іншого підходу оцінки залежить від ряду чинників, у тому числі від характеру об'єкта, цілі і функції оцінки, від наявної в розпорядженні експерта інформації. Якщо об'єкт нерухомості приносить стабільний прибуток, найбільш досяжним є підхід капіталізації; якщо оцінюється квартира і є достатньо ринкових даних про фактичні продажі аналогічних квартир на житловому ринку, то для оцінки доцільно використовувати підхід прямого аналізу продажів; якщо об'єкт нерухомості функціонує на «пасивному» секторі ринку нерухомості, оптимальним рахується один із методів витратного підходу.

Вибір підходу залежить від функції оцінки. Якщо результати оцінки необхідні для страхування об'єкта доцільно використовувати один із методів витратного підходу. Якщо результати оцінки необхідні для того, щоб інвестувати визначені кошти в розвиток об'єкта нерухомості, краще використовувати один із методів дохідного підходу.

Цілі оцінки ще тісніше пов'язані з її підходами. Якщо ціль оцінки – визначення відновної вартості об'єкта, то застосовуються методи витратного підходу: кошторисний або індексний. Якщо ціль оцінки – визначення вартості заміщення, також застосовують методи витратного підходу: метод порівняльної одиниці або по - елементний метод. Якщо необхідно визначити ринкову вартість об'єкта, то частіше використовують методи дохідного і порівняльного підходів.

Таким чином, вибір того або іншого підходу для оцінки об'єкта нерухомості – складний, творчий процес. Оптимальність вибору у великому ступені залежить від кваліфікації і практичного досвіду експерта – оцінювача. Експертам рекомендується визначати вартість об'єктів нерухомості, застосовуючи як можна більше число підходів оцінки, обмежене лише відсутністю необхідної інформації. Тоді при узгодженні результатів оцінки, отриманих різноманітними підходами, можливість одержати більш точне значення вартості об'єкта значно зросте.

Література

1. Тарасевич Е.И. Оценка недвижимости / Тарасевич Е.И. – СПб: ГТУ, 1997. – 422 с.
2. Фридман Дж. Анализ и оценка приносящей доход недвижимости / Фридман Дж., Ордуэй Н. – М.: Дело ЛТД, 1995. – 461 с.

УДК 624.159

Л. В. Гембарський, Науково-дослідний інститут підземного і спеціального будівництва

ДОСЛІДЖЕННЯ ТИПОВИХ ҐРУНТОВИХ УМОВ ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ФУНДАМЕНТНИХ СИСТЕМ

АНОТАЦІЯ. У статті досліджено типові ґрунтові умови, які зазвичай трапляються при реконструкції фундаментних систем будівель на території України.

АННОТАЦИЯ. В статье исследовано типовые ґрунтовые условия, которые обычно встречаются при реконструкции фундаментных систем на территории Украины.

ABSTRACT. In the article the typical soil conditions, which are commonly found in the reconstruction of foundation systems in Ukraine was researched.

Ключові слова. типові ґрунтові умови, лесові ґрунти, класифікація.

Формулювання проблеми. З огляду на ґрунтові умови України, в яких найчастіше виникає потреба підсилення фундаментів, проектувальник повинен мати класифікацію типових ґрунтових умов основи, результати обстеження технічного стану будівлі та його конструктивні особливості для послідуєчого вибору методу реконструкції фундаментних систем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Територія України за даними багатьох відомих дослідників, зокрема М. Ю. Абелева, Ю. М. Абелева, В. Ф. Краєва та інших вкрита породами лесового покрива близько на 63 % [1, 2, 3]. За даними В. І. Крутова просадочні ґрунти та основні їх представники - лесові розповсюджені на території України більше ніж 80 % [4].

Особиста наукова та інженерна практика [5], а також практика інших дослідників [6] підтверджує те, що більшість будівель та споруд, які потребують чи потребували реконструкції фундаментних систем, знаходяться саме на територіях, що складені просідними лесовими ґрунтами. Тому, при проектуванні реконструкції фундаментних систем, доцільно зв'язати ґрунтові умови до одного з представників просідного ґрунту - лесового.

Формулювання мети статті. Метою проведених досліджень є розробка класифікації типових ґрунтових умов при реконструкції фундаментних систем, основи яких складено лесовими ґрунтами.

Викладення основного матеріалу. Як показує власний досвід та досвід вітчизняних та закордонних спеціалістів, роботи з загальної реконструкції вважаються рентабельними, якщо витрати на їх проведення не перевищують 70 - 80 % вартості нової будівлі. Однак, витрати на розвиток, розширення та модернізацію при реконструкції окупається в 3...4 рази швидше, ніж нове будівництво. Звичайно це не відноситься до пам'яток культури, або будівель, які мають історичну цінність. Доля витрат на влаштування нового або реконструкцію фундаментних систем, яка необхідна в більше ніж 90 % випадках становить не більше 10 % вартості від загальної реконструкції будівлі.

Основна причина, що викликає необхідність реконструкції фундаментних систем, це ґрунтові умови в яких збудована та експлуатується будівля. Саме в складних ґрунтових умовах найчастіше виникає необхідність реконструкції фундаментних систем, тоді як в звичайних умовах деформації будівель та фундаментних систем пов'язані з помилками при проектуванні та дефектами, які мали місце при їх зведенні. Тому від складності ґрунтових умов залежить в першу чергу раціональність вибору того чи іншого методу реконструкції фундаментних систем а отже і її більша вартісна дольова частина.

В існуючій нормативній базі України класифікація ґрунтових умов, які відносяться



до категорії складних, відсутня [2]. Відповідно до [10] ділянки забудов, що знаходяться на територіях зі складними інженерно-геологічними та сейсмонебезпечними умовами розподіляються на наступні:

- ділянки, де основи складені ґрунтами з особливими властивостями, деформаційні якості яких збільшують небезпеку виникнення нерівномірних деформацій (структурно-нестійки лесові, набрякливі, слабкі зв'язні у т. ч. біогенні, елювіальні, засолені, техногенні насипні, пролювіальні, делювіальні тощо);

- ділянки, де можливі розвиток небезпечних природних фізико-геологічних процесів (карстові, суфозійно небезпечні, зсувонебезпечні, ділянки берегової абразії, сейсмонебезпечні);

- ділянки на території дії техногенних факторів - подроблені підземними виробками корисних копалин, техногенними підземними виробками, ділянки в зоні динамічних впливів, міської території щільної забудови, площі затоплення або підтоплення.

Територія України за даними багатьох відомих дослідників, зокрема М. Ю. Абелева, Ю. М. Абелева, В. Ф. Краєва та інших вкрита породами лесового покрива близько на 63 % [1, 2, 3]. За даними В. І. Крутова просадочні ґрунти та основні їх представники - лесові розповсюджені на території України більше ніж 80 % [4]. Зважаючи на цей факт зрозуміло, що більшість будівель та споруд зведено саме в таких ґрунтових масивах, що складаються з лесових порід, які в свою чергу дають віднести такі території до складних в інженерно-геологічному плані.

Слід зауважити, що в сучасній нормативній базі України відсутнє поняття "лес" або "лесові ґрунти". В 1982 році згідно з [11], в групі "осадочні незцементовані породи" в підгрупі "обломочно-пилуваті та глинисті ґрунти" було виділено тип "лесові ґрунти" на підставі їх поліфакторної оцінки [12]. В новій редакції від 1995 році у [13] поняття "лесові ґрунти" було виключено. Натомість у класі природних дисперсних ґрунтів з'явилося ділення глинистих ґрунтів на різновиди в залежності від відносної деформації просідання - на "непросідний" та "просідний" (у просідного ґрунту відносна деформація просідання $\varepsilon_{sl} \geq 0,01$ [13]). В той же час, у обов'язковому додатку 1 ДБН В.1.1-5-2000 Ч. II [14] наводиться інший термін "просідаючий ґрунт" в залежності від кількості пилуватих часток (в просідаючому ґрунті їх повинно бути більше 50 %). Таке одночасне існування двох термінів "просідний" та "просідаючий" вносить деяку плутанину, адже лесовий ґрунт, який історично виділяють і науковці та інженери підпадає як під один так і під другий термін.

Необхідно додати, що розділення глинистих ґрунтів на "просідні" та "непросідний" згідно з [13] є досить умовною, оскільки більш чітке розмежування між звичайним осіданням природно зволжених ґрунтів (вертикальні переміщення контактної поверхні основи з фундаментами, викликані деформаціями ґрунту під впливом зовнішніх навантажень і в окремих випадках власної ваги ґрунту, що не супроводжуються корінною зміною його структури [10]), та просіданням (те саме що і осідання тільки з корінною зміною структури ґрунту [10]) може бути зафіксовано при відносній деформації просідання 0,02 [3].

Особиста наукова та інженерна практика [5], а також практика інших дослідників [6] підтверджує те, що більшість будівель та споруд, які потребують чи потребували реконструкції фундаментних систем, знаходяться саме на територіях, що складені просідними лесовими ґрунтами. Тому в даній роботі, при дослідженні реконструкції фундаментних систем, доцільно звизначити ґрунтові умови до одного з представників просідного (просідаючого) ґрунту - лесового.

Лес являє собою м'який борошністий, пилуватий (найчастіше макропористий) карбонатний, нешаруватий суглинок світло-палевого, жовтого, іноді жовто-бурого рідше сірувато-жовтого кольору. Існує інше визначення лесових ґрунтів: відповідно за гранулометричним складом лесові ґрунти найчастіше відносяться до пилуватих супісків і суглинків. З огляду на різноманітність термінів щодо визначення леса, далі доцільно

використовувати загальне поняття - лесові ґрунти.

На сьогодні лесовий ґрунт прийнято розподіляти на 4 підтипи: лес (просідні властивості при природному тиску та додаткових навантаженнях, мала гідрофільність, слабкі водонестійки структурні зв'язки), деградований лес (те саме що і лес, але втративший здатність до просідання в результаті зволоження та додаткового ущільнення), лесовидний (відсутні просідні властивості при замочуванні, більш висока гідрофільність, більш міцні структурні зв'язки) та лесоподібний лес [12]. Оскільки лесоподібний ґрунт - це мерзлі пилуваті утворення, які проявляють термоосадки в результаті відтаювання, то це поняття слід виключити, оскільки на території України такі ґрунтові масиви відсутні.

Питаннями вивчення лесових ґрунтів та їх будівельних властивостей займалися Ю. М. Абелєв, М. Ю. Абелєв, В. Ф. Краєв, А. М. Дранніков [1, 3.] та інші дослідники. За їх даними лесові ґрунти відрізняються вертикальною або стовпчастою окремістю, тобто здатністю довго в сухому стані зберігати в стійкому положенні вертикальні відкоси. Товща лесових ґрунтів однорідна та характеризується відсутністю шаруватості.

Зважаючи на достатню вивченість інженерно-геологічних умов лесових ґрунтів необхідно перейти безпосередньо до ґрунтових умов, в яких експлуатуються будівлі та споруди, які потребують реконструкції фундаментних систем для вибору єдиного раціонального та можливого методу реконструкції.

Норми СРСР, які є діючими на території України та інша технічна література [4], розподіляють ґрунтові умови будівельних майданчиків в залежності від прояву просідання ґрунтів від власної ваги на два типи:

I тип - ґрунтові умови, в яких можлива в основному просідання ґрунтів від зовнішньої навантаги, а просідання ґрунтів від власної ваги відсутні, або не перевищують 5 см;

II тип - ґрунтові умови, в яких, окрім просадки ґрунтів від зовнішньої навантаги, можливе їх просідання від власної ваги і розмір її перевищує 5 см.

Сучасні норми України прямо не розподіляють просадочні ґрунти на перший або другий тип за просадочністю. Натомість у [14] наводиться класифікація умов будівництва за групою складності в залежності від складу та обсягу виконаних підготовчих інженерних заходів стосовно повного або часткового усунення просідання ґрунту залежно від величин можливого викривлення (нахилу) та відносних горизонтальних деформацій поверхні основи при просіданні ґрунтів товщі від власної ваги з урахуванням вжитих геотехнічних заходів щодо усунення їх властивостей просідання.

В рекомендованому додатку ДБН В.1.1-2-2000 Ч. II [14] розрахункові схеми просідаючих ґрунтових основ під існуючими будинками і спорудами, які підлягають реконструкції або підсиленню, в залежності від архітектурно-планувальної та конструктивної схеми будинків і споруд можуть поділятися на два типи:

А - який характеризується передачею навантажень на основу за допомогою стрічкових, стовпчастих, змішаних та інших фундаментних систем, що працюють незалежно, але в окремих випадках (при близько розташованих сусідніх фундаментах) мають на основу взаємний довантажувальний вплив;

Б - те саме з допомогою суцільної фундаментної плити, а також перехресної фундаментної системи чи системи стрічкових і стовпчастих фундаментів, які чинять на основу взаємний довантажувальний вплив і працюють як єдина фундаментна конструкція.

Такий підхід в нормативах досить складний, носить виключно інформаційний характер і не дозволяє проектувальникам однозначно обрати той чи інший метод реконструкції фундаментних систем.

При реконструкції фундаментних систем в залежності від ґрунтових умов очевидно можна однозначно відкинути нераціональний та неефективний способи підсилення фундаментів. Наприклад, при значній потужності лесових ґрунтів застосування такого виду реконструкції, як передача навантаження на глибинні несучі ґрунти явно не раціонально з



економічної точки зору. Для полегшення роботи проектувальників автором запропоновано класифікацію типових ґрунтових умов основи (таблиця 1) яка складена лесовими ґрунтами будівель та споруд фундаментні системи яких потребують реконструкції за такими категоріями:

1. Найменування лесового ґрунту;
2. Типи ґрунтових умов за величиною просідання;
3. Значення відносної деформації просідання;
4. Товща нашарувань просідаючих ґрунтів;
5. Коефіцієнт фільтрації.

Таблиця 1.

Класифікація типових ґрунтових умов основи, що складена лесовими ґрунтами при реконструкції фундаментних систем.

№ з/п	Найменування лесового ґрунту, що переважає	Типи ґрунтових умов за величиною просідання	Значення відносної деформації просідання, д. о.	Потужність просідних ґрунтів, м	Коефіцієнт фільтрації, м/добу
1	Лесовидний ґрунт	І тип (просідання від власної ваги менше 5 см)	окремих шарів від 0,01 до 0,02	<5	0,2-0,5
2	Деградований лес			5-10	
				10-15	менше 0,02
3	Лес	II тип (просідання від власної ваги більше 5 см)	більше 0,02	<10	0,5
				10-15	
				15-25	

Висновок. Розроблена класифікація дозволить проектувальникам за укрупненими показниками типових ґрунтових умов намітити найбільш раціональний метод реконструкції фундаментних систем. Оскільки таке розмежування є досить умовним, в межах кожної території забудови необхідно під час проектування реконструкції фундаментних систем уточнювати обраний вид та додатково ретельно розглядати технологію реконструкції в залежності від конструктивних особливостей будівлі та його фундаментної системи, зокрема детально аналізувати плани несучих конструкцій та креслення існуючих фундаментів. Вибір технології реконструкції також залежить від технічного стану будівлі, тому при виборі технічно можливих варіантів реконструкції фундаментних систем, необхідно обов'язково проводити аналіз дефектів та пошкоджень будівлі, який вміщує в себе наступні заходи: визначення загального технічного стану; визначення тріщин; збір відомостей та дослідження матеріалу фундаментів та його міцності; дослідження деформації та осадки фундаментів, в тому числі шляхом нівелювання цоколя або вікон першого поверху.

Література

1. Абелев Ю. М., Абелев М. Ю. Основы проектирования и строительства на просадочных макропористых грунтах. - М.: Стройиздат, 1979. - 271 с.
2. Геотехнические процессы в сложных грунтовых условиях Украины / Г. И. Черный, В. Г. Черный // Світ геотехніки. – 2000. – С. 4-9.

3. Краев В.Ф. Инженерно-геологическая характеристика пород лессовой формации Украины. – К.: Наукова думка, - 1971. – 228 с.
4. Крутов В. И. Основания и фундаменты на просадочных грунтах. - К.: Будивельник, 1982. - 224 с.
5. Реконструкция и усиление фундаментной части здания главного учебного корпуса Одесской национальной академии связи им. А. С. Попова /Гембарский Л. В., Гришин В. А., Снисаренко В. И., Щерба М. А., Тищенко М./Науковий вісник Луганського національного аграрного університету № 14/ 2010 р. с 116-128.
6. Снисаренко В. И., Гришин В. А., Волощук И. С. О причинах деформации здания Одесского театра оперы и балета. Нові технології в будівництві 2 [4], 2002 р. 8 с.
7. Марков А. И., Серомолот Г. В. Эксплуатация и реконструкция зданий - Запорожье: ООО "ИПО "Запоріжжя", ООО "НАСТРОЙ", 2009. - 320 с.
8. Губкин В. А., Соловьев Н. Б., Голиков В. Г. Усиление оснований и фундаментов при реконструкции зданий и сооружений. Зб. " Будівельні конструкції" випуск 53. книга 2 , 2000. Київ. с 84-87.
9. Коновалов П. А. Основания и фундаменты реконструируемых зданий. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: "Бумажная галерея", 2000. - 320 с.
10. ДБН В.2.1-10-2009 Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування – Чинний від 01.07.09 – К.: Мінрегіонбуд України, 2000. – 79 с.
11. ГОСТ 25100-82 Грунты. Классификация.
12. Лёссовые породы СССР: в двух томах. Том I. Инженерно-геологические особенности и проблемы рационального использования/Под ред. Е. М. Сергеева, А. К. Ларионова, Н. Н. Комиссаровой. - М.: Недра, 1986. - 232 с.
13. ДСТУ Б В.2.1-2-96 (ГОСТ 25100-95) Грунти. Класифікація.
14. ДБН В.1.1.-5-2000 Будинки та споруди на підроблюваних територіях і просідаючих грунтах. Частина II. Будинки та споруди на просідаючих грунтах. – Чинний від 01.07.00 – К.: Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. – 87 с.



УДК 691.32

А.В. Голубничий, к.т.н., доц. КНУБА

ТЕРМОДИНАМІКА І ФАКТИЧНЕ МІНЕРАЛОУТВОРЕННЯ ПРИ СУМІСНОМУ НАГРІВІ І ВИПАЛЮВАННІ ДВОКОМПОНЕНТНИХ КЕРАМІЧНИХ ШИХТ „ВОГНЕТРИВКА ГЛИНА – ЗАЛІЗОВМІСНИЙ ШЛАК”

АНОТАЦІЯ. Наведені результати досліджень мінералоутворення при сумісному нагріві двокомпонентних керамічних шихт „вогнетривка глина – залізовмісний шлак”.

Ключові слова: кераміка, залізовмісний шлак, глина.

АНОТАЦІЯ. Приведены результаты исследований минералообразования при совместном нагреве двухкомпонентных керамических шихт "огнестойкая глина – железосодержащий шлак".

Ключевые слова: керамика, железосодержащий шлак, глина.

SUMMARY. The results of researches of mineralogenesis on joint heating double-base ceramic composition "fireproof clay – iron slag" is resulted.

Key words. Ceramics, iron slag, clay.

Вступ. Проблема застосування залізовмісних шлаків, модельні склади яких відносяться до системи „FeO – CaO – SiO₂”, в теперішній час відноситься до актуальних з наукової, технічної і екологічної точок зору [1]. Впровадження цих речовин у виробництво силікатних матеріалів не можливе без значних науково-технічних розробок, у тому числі проведення термодинамічних досліджень.

Зв'язок з науковими і практичними завданнями і аналіз існуючих досліджень і публікацій. На теперішній час виконані значні наукові роботи по галузі термодинаміки мінералоутворення силікатних матеріалів. Найбільш всебічно вони відображені у [2]. В той же час термодинаміка мінералоутворення складових системи „FeO – CaO – SiO₂” і компонентів вогнетривкої глини у них не відображено.

Мета роботи. Провести термодинамічні розрахунки мінералоутворення при сумісному нагріві речовин системи „FeO– CaO –SiO₂” і Al₂O₃2SiO₂2H₂O і дослідити мінералоутворення при нагріві і випалюванні двокомпонентних керамічних шихт „вогнетривка глина – залізовмісна речовина”

Виклад основного матеріалу. Енергетичні можливості і переважні напрямки проходження реакцій хімічної взаємодії при нагріві і випалюванні керамічних шихт з застосованими кольоровими шлаками і вогнетривкими глинами визначені при термодинамічних дослідженнях з використанням даних по системі „FeO-CaO-SiO₂” і „Al₂O₃2SiO₂2H₂O”.

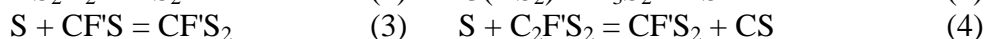
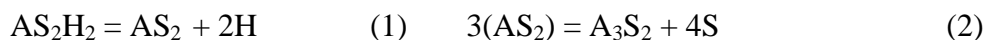
Вихідні дані для термодинамічних розрахунків були отримані особисто експериментальним і розрахунковим шляхами (табл. 1), а також взяті із [2].

Таблиця 1.

Величини стандартних ентальпій, ізобарних потенціалів, ентропій і коефіцієнтів у рівняннях залежності теплоємності від температури.

Формули сполук	$-\Delta H_{298}^0$ ккал моль	$-\Delta Z_{298}^0$ ккал моль	S_{298}^0 ккал·град моль	$C_p = a + bT + cT^{-2}$		
				a	$b \cdot 10^3$	$c \cdot 10^{-5}$
CaOFeOSiO ₂	460.51	434.91	33.40	36.0	9.50	-6.00
CaOFeO2SiO ₂	685.89	646.95	43.50	53.4	8.10	-14.90
2CaOFeO2SiO ₂	846.29	801.77	53.00	65.0	10.00	-15.70

Реакції хімічної взаємодії між окремими складовими системи „FeO-CaO-SiO₂” і вогнетривкої глини наступні:



Рівняння залежності ізобарних потенціалів реакцій синтезу відповідних сполук від температури нагріву наступні:

$$\Delta Z_T^\circ = -14664 - 3.82 \cdot T \cdot \ln T + 3.25 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 1.51 \cdot 10^5 \cdot T^{-1} + 31.47T \quad (5)$$

$$\Delta Z_T^\circ = -11136 - 6.18 \cdot T \cdot \ln T + 4.7 \cdot 10^{-3} \cdot T^2 + 3.1 \cdot 10^5 \cdot T^{-1} + 43.247T \quad (6)$$

Термодинамічними розрахунками встановлено, що переважним при нагріві таких композицій до $T=873$ К є синтез $CF'S_2$, до 1235 К – AS_2 , вище за 1235 К – A_3S_2 і S (рис. 1).

Геденбергіт при нагріві таких композицій повинен утворюватись внаслідок взаємодії стекло або кристалічних фаз кольорових шлаків, модельні склади яких

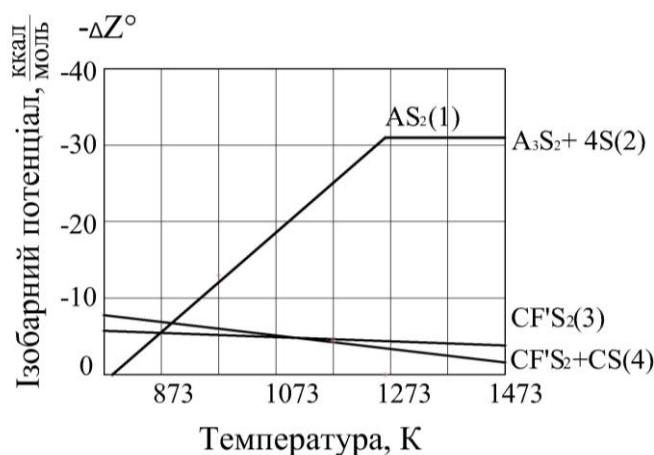


Рисунок 1. Залежність ΔZ_T° реакцій синтезу сполук при нагріві композицій „вогнетривка глина – залізовмісна речовина” в інтервалі температур 773...1473 К.

знаходяться у елементарних трикутниках „ $F_2'S-C_2F'S_2-CF'S_2$ ”, „ $F_2'S-CF'S-C_2F'S_2$ ”, із оксидом кремнію, який синтезується при перетворенні каолініту при нагріві або є складовою вогнетривких глин.

Мінералоутворення при нагріві і випалюванні двокомпонентних керамічних шихт „вогнетривка глина – залізовмісна речовина” досліджували з застосуванням ІЧ-спектрального методу.

ІЧ-спектр вихідної вогнетривкої глини має характерні для каолініту смуги поглинання з екстремумами на них при наступних частотах

коливання, cm^{-1} , які відносяться до таких груп: 3600...3800 – 3620, 3640, 3690 – валентних OH^{-1} ; 3200...3600 – 3420, 1600...1700 – 1640 – H_2O ; 1400...1500 – 1430 – OH^{-1} ; 800...1200 – 1020, 1040, 1120 – антисиметричних коливань $Si-O-Si$, 920 і 940 – $H-O-Al$, 870 – OH^{-1} , 600...800 – 760 і 780 – $Al-O$ і 690 – $Si-O-Si$, 400...600 – 550 – $Si-O-Al$ і 440, 480 – симетричних коливань $Si-O$.

Після нагріву глини до 473К на ІЧ-спектрі не виявлено наявності екстремумів у діапазонах частот коливань 1600...1700, 3200...3600 cm^{-1} . Що свідчить про повне вилучення із глини вільної, адсорбованої і капілярної води.

При подальшому підвищенні температури нагріву глини до 1073К спостерігається поступове послаблення інтенсивності екстремумів при таких частотах коливання, cm^{-1} : 870, 920, 940, 1430, 3620, 3640, 3690. Це свідчить про подібні зміни у глині вмісту хімічно зв'язаної води.

Після випалювання глини при 1273 К на ІЧ-спектрі спостерігаються наступні зміни: зникають екстремуми при частотах коливань 1020 і 1120 cm^{-1} , а загальна площа ділянки поглинання у діапазоні 800...1200 cm^{-1} з екстремумом при 1040 cm^{-1} збільшується; посилюється інтенсивність екстремуму при 760 cm^{-1} ; послаблюється – при 690 і 550 cm^{-1} ; зникає екстремум при 440 cm^{-1} , а такий при 480 cm^{-1} переміщується у бік менших частот коливань; підвищується загальна площа ділянки поглинання у діапазоні 400...500 cm^{-1} . Це не прямо свідчить про початок перетворення метакаоліну у муліт і α -кварц.

При подальшому підвищенні температури випалювання глини до 1373К на ІЧ-спектрі має місце збільшення площин ділянок поглинання у діапазонах: 800...1200 cm^{-1} з



екстремумом при 1040 см^{-1} ; $700\text{...}800\text{ см}^{-1}$ з екстремумами при 780 і 760 см^{-1} з посиленням інтенсивності останнього; $400\text{...}500\text{ см}^{-1}$ з екстремумом при 470 см^{-1} . При таких змінах температури послаблюється, у порівнянні з таким при 1273 К , інтенсивність екстремумів при 690 і 550 см^{-1} .

При підвищенні температури випалювання глини до 1473 К на ІЧ-спектрах спостерігається подальше збільшення площин ділянок поглинання у діапазонах: $800\text{...}1200\text{ см}^{-1}$ з екстремумом при 1040 см^{-1} ; $700\text{...}800\text{ см}^{-1}$ з екстремумами при 780 і 760 см^{-1} з посиленням інтенсивності останнього до такої при 780 см^{-1} ; $400\text{...}500\text{ см}^{-1}$ з екстремумом при 470 см^{-1} . При цьому також має місце послаблення, у порівнянні з таким при $T=1373\text{ К}$, інтенсивності екстремумів при 690 і 550 см^{-1} .

Після нагріву композицій, які вміщували $95\text{...}50$ і $5\text{...}50\text{ мас.}\%$ відповідно вогнетривкої глини і будь якої із застосованих залізовмісних речовин у межах температур $473\text{...}1273\text{ К}$ на ІЧ-спектрах спостерігається послаблення інтенсивності екстремумів на смугах поглинання у діапазонах частот коливання $800\text{...}1000$, $1400\text{...}1500$, $3600\text{...}3800\text{ см}^{-1}$ по відношенню до аналогічної при окремому нагріві вогнетривкої глини (рис.2). Такі зміни прямо пропорційно залежать від кількості введених у композиції застосованих кольорових шлаків і штучних залізовмісних стекл.

Після випалювання композиції, яка вміщувала 90 і $10\text{ мас.}\%$ відповідно вогнетривкої глини і залізовмісного кольорового шлаку з концентрацією $\text{FeO} - 11.60\text{ мас.}\%$, модельний склад якого розташовується у елементарному трикутнику „S–CS–CF'S₂”, при температурі 1273 К на ІЧ-спектрі спостерігаються смуги поглинання з екстремумами при наступних частотах коливання, см^{-1} : $800\text{...}1200-1030$; $600\text{...}800-690$, 760 , 780 ; $400\text{...}600-460$, 550 .

При підвищенні температури випалювання цієї композиції до 1373 К має місце: збільшення площин ділянок поглинання у діапазонах частот коливання $800\text{...}1200\text{ см}^{-1}$ з екстремумом при 1030 см^{-1} ; $700\text{...}800\text{ см}^{-1}$ з екстремумами при 760 і 780 см^{-1} ; $400\text{...}500\text{ см}^{-1}$ з екстремумом при 460 см^{-1} ; послаблення, у порівнянні з таким при 1273 К , інтенсивності екстремумів при 690 і 550 см^{-1} .

При подальшому підвищенні температури випалювання цієї композиції до 1423 К на ІЧ-спектрі спостерігаються зміни, подібні попередньо наведеним. При чому величини екстремумів при 760 і 550 см^{-1} дорівнюють таким у вогнетривкій глині після окремого її випалювання при цій температурі.

При підвищенні температури випалювання цієї композиції до 1473 К на ІЧ-спектрі має місце: збільшення, у порівнянні з таким при $T=1423\text{ К}$, площин ділянок поглинання у діапазонах $800\text{...}1200\text{ см}^{-1}$ з екстремумом при 1030 см^{-1} ; $700\text{...}800\text{ см}^{-1}$ з екстремумами при 780 і 760 см^{-1} з посиленням інтенсивності останньої до такої при 780 см^{-1} ; $400\text{...}500\text{ см}^{-1}$ з екстремумом при 460 см^{-1} ; послаблення інтенсивності екстремумів при 690 і 550 см^{-1} .

Отримані результати свідчать про те, що процес синтезу муліту у вогнетривкій глині при введенні цього і у такій кількості кольорового шлаку починає прискорюватись при температурах випалювання композицій вищих за 1273 К . Він завершується при таких, нижчих за 1453 К . Що не менше ніж на 20 К нижче, ніж при окремому випалюванні вогнетривкої глини.

Після випалювання композиції, яка вміщувала 60 і $40\text{ мас.}\%$ відповідно вогнетривкої глини і цього кольорового шлаку при температурі 1323 К на ІЧ-спектрі спостерігаються смуги поглинання з екстремумами при наступних частотах коливання, см^{-1} : $800\text{...}1200-1020$, $600\text{...}800-690$, 760 , 780 ; $400\text{...}600-450$, 550 .

При підвищенні температури випалювання цієї композиції до 1423 К має місце: збільшення площин ділянок поглинання у діапазонах: $800\text{...}1200\text{ см}^{-1}$ з екстремумом при

Співвідношення мас вогнетривкої глини і залізовмісної речовини дорівнювало $19:1$; концентрація оксидів заліза у залізовмісній речовині, $\text{мас.}\%$: $\text{FeO} - 5.00$; $1 -$ вихідна композиція; $2, 3, 4, 5, 6 -$ температури нагріву, К відповідно: $473, 773, 1273, 1373, 1473$. 1020 см^{-1} ; $700\text{...}800\text{ см}^{-1}$ з екстремумами при 780 і 760 см^{-1} з посиленням інтенсивності

останнього до такої при 780 см^{-1} ; $400\text{...}500\text{ см}^{-1}$ з екстремумом при 450 см^{-1} ; послаблення інтенсивності екстремумів при 690 і 550 см^{-1} .

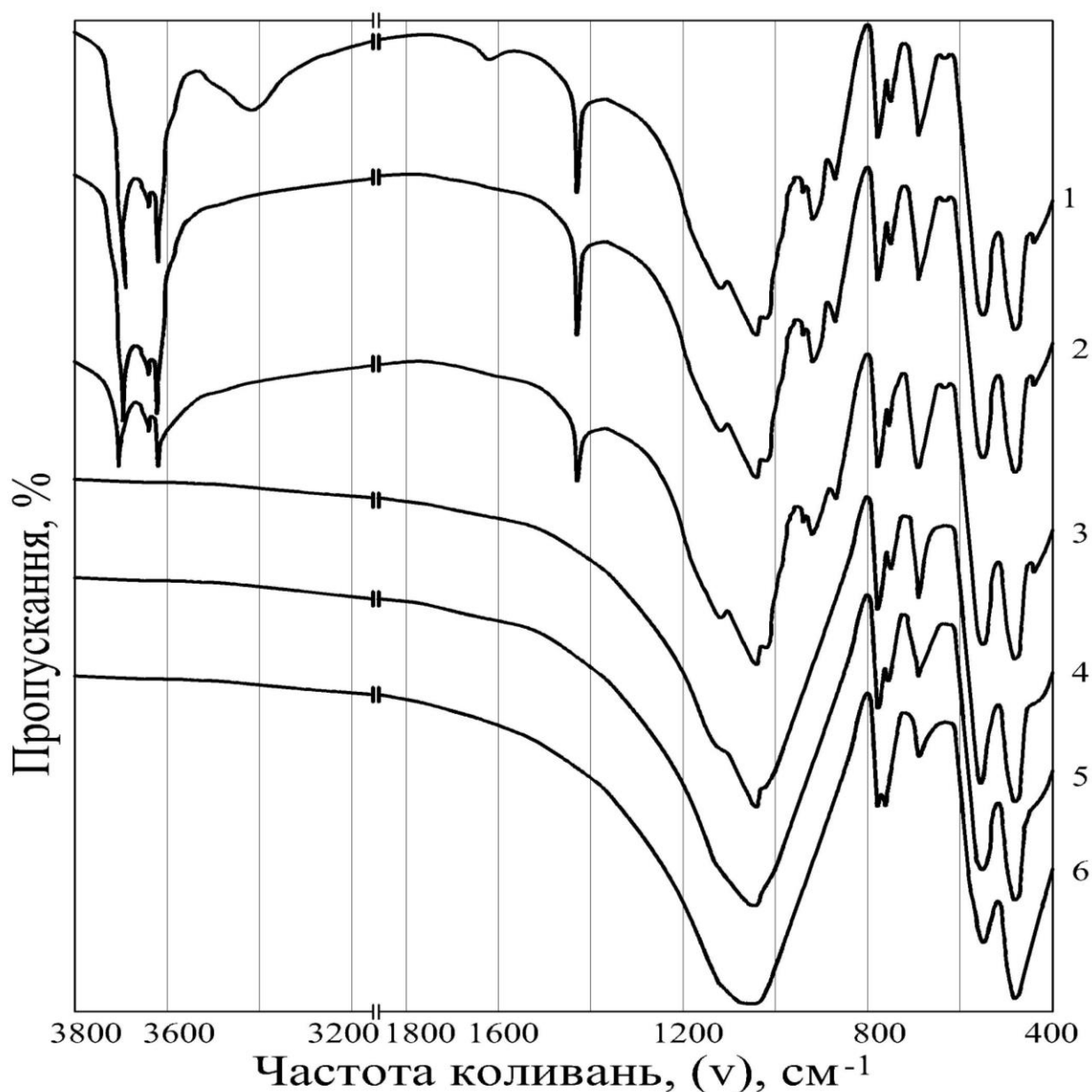


Рисунок 2. ІЧ-спектри композиції „вогнетривка глина – залізовмісна речовина” після нагріву до різних температур.

При подальшому підвищенні температури випалювання цієї композиції до 1473 К інтенсивність екстремумів при 760 і 550 см^{-1} не змінюється. Що свідчить про завершення процесу перетворення метаксаолініту у муліт і α -кварц при введенні такої і у такій кількості кольорового шлаку при температурах не вищих за 1423 К . Що не менше, ніж на $60\text{...}70\text{ К}$ нижче, ніж при окремому випалюванні вогнетривкої глини.

Аналогічне на ІЧ-спектрах спостерігається і при введенні у композиції і інших застосованих кольорових шлаків або штучних стекл, модельні склади яких розташовуються у елементарному трикутнику „S-CS-CF'S₂”. Це непрямо свідчить про те, що при їх введенні у композиції в кількості $10\text{...}40\text{ мас.}\%$ температура завершення процесу перетворення метаксаолініту у муліт і α -кварц знижується не менше, ніж на $20\text{...}70\text{ К}$ у порівнянні з такою, яка спостерігається при окремому випалюванні вогнетривкої глини.

Після випалювання композицій, які вміщували $95\text{...}60$ і $5\text{...}40\text{ мас.}\%$ відповідно вогнетривкої глини і будь-якого із застосованих кольорових шлаків або штучних стекл,



модельні склади яких розташовуються у елементарному трикутнику „ $F_2S - C_2F'S_2 - CF'S_2$ ” при температурах 1273... 1473К на ІЧ-спектрах спостерігаються смуги поглинання подібні таким, як і у випадках використання застосованих кольорових шлаків або штучних стекол, модельні склади яких розташовуються у елементарному трикутнику „ $S-CS-CF'S_2$ ”. Але існують і відмінності.

Так після випалювання композиції, яка вміщувала 90 і 10 мас. % відповідно вогнетривкої глини і штучного скла з концентрацією FeO - 25.00мас.% при $T=1373$ К на ІЧ-спектрі наявні смуги поглинання з екстремумами при наступних частотах коливання, cm^{-1} : 800...1200 – 1030; 600...800 – 690, 760, 780; 400...600 – 460, 550.

При підвищенні температури випалювання композиції до 1423К має місце: збільшення площин ділянок поглинання у діапазонах частот коливань 800...1200 cm^{-1} з екстремумом при 1030 cm^{-1} ; 700...800 cm^{-1} з екстремумами при 760 і 780 cm^{-1} , 400...500 cm^{-1} з екстремумом при 460 cm^{-1} ; послаблення, у порівнянні з таким при 1373К, інтенсивності екстремумів при 690 і 550 cm^{-1} . Причому величини екстремумів при 690 і 550 cm^{-1} незначно менші за такі у вогнетривкій глині після окремого її випалювання при цій температурі.

Із подальшим збільшенням температури випалювання композиції до 1473К на ІЧ-спектрі має місце: побільшення площин ділянок поглинання у діапазонах частот коливань 800...1200 cm^{-1} з екстремумом при 1030 cm^{-1} , 700...800 cm^{-1} з екстремумами при 780 і 760 cm^{-1} з посиленням інтенсивності останнього до такої при 780 cm^{-1} , 400... 500 cm^{-1} з екстремумом при 460 cm^{-1} ; послаблення інтенсивності екстремумів при 690 і 550 cm^{-1} .

Отримані результати свідчать про те, що процес синтезу муліту у вогнетривкій глині при введенні цього і у такій кількості кольорового шлаку починає прискорюватися при температурах випалювання композицій вищих за 1273К. Він завершується при таких нижчих за 1453К, вищих за 1423К і не менше, ніж на 20К нижче ніж при окремому випалюванні вогнетривкої глини.

При підвищенні температури випалювання цієї композиції до 1423К має місце: збільшення площин ділянок поглинання у діапазонах частот коливань 800...1200 cm^{-1} з екстремумом при 1020 cm^{-1} ; 700...800 cm^{-1} з екстремумами при 780 і 760 cm^{-1} з посиленням інтенсивності останнього до такої при 780 cm^{-1} ; 400...500 cm^{-1} з екстремумом при 450 cm^{-1} ; послаблення інтенсивності екстремумів при 690 і 550 cm^{-1} .

Із подальшим збільшенням температури випалювання цієї композиції до 1473К інтенсивність екстремумів при 760 і 550 cm^{-1} не змінюється. Це свідчить про завершення процесу перетворення метакаолініту у муліт і α -кварц при введенні такої і у такій кількості залізовмісної речовини при температурах не вищих за 1423К. Що не менше ніж на 50К нижче, ніж при окремому випалювання вогнетривкої глини.

Після випалювання композицій, що вміщувала 90 і 10 мас.% відповідно вогнетривкої глини і штучного скла з концентраціями FeO – 33.15 мас. % і Fe_2O_3 – 1.85 мас.%, модельний склад якого розташований у елементарному трикутнику „ $F_2S-CF'S-C_2F'S_2$ ” при $T=1373$ К на ІЧ-спектрі спостерігаються смуги поглинання з екстремумами при наступних частотах коливання, cm^{-1} : 800...1200 – 1020; 600...800 – 690, 760, 780; 400...600 – 450, 550.

При підвищенні температури випалювання цієї композиції до 1423 К має місце: збільшення площин ділянок поглинання у діапазонах частот коливань 800... 1200 cm^{-1} – з екстремумом при 1020 cm^{-1} , 700...800 cm^{-1} – з екстремумами при 780 і 760 з побільшенням інтенсивності останнього до такої при 780 cm^{-1} , 400...500 cm^{-1} – з екстремумом при 450 cm^{-1} ; послаблення інтенсивності екстремумів при 690 і 550 cm^{-1} . Величини екстремумів при 760 і 550 cm^{-1} менші за такі, ніж у вогнетривкої глини після окремого її випалювання при цій температурі.

Із подальшим збільшенням температури випалювання композиції до 1473 К на ІЧ-спектрі має місце: побільшення площин ділянок поглинання у діапазонах частот коливань: 800...1200 cm^{-1} – з екстремумом при 1020 cm^{-1} ; 700...800 cm^{-1} – з екстремумами при 780 і

760 cm^{-1} з посиленням інтенсивності останнього до такої при 780 cm^{-1} ; 400...500 cm^{-1} – з екстремумом при 450 cm^{-1} ; послаблення інтенсивності екстремумів при 690 і 550 cm^{-1} .

Після випалювання композиції, яка вміщувала 60 і 40 мас.% відповідно вогнетривкої глини і цього штучного скла з концентраціями FeO - 33.15 мас.% і Fe₂O₃ - 1.85 мас. % при T=1373 K на ІЧ-спектрі спостерігаються смуги поглинання з екстремумами при наступних частотах коливання, cm^{-1} : 800...1200 – 1020, 600...800 – 690, 760, 780; 400...600 – 450, 550.

При підвищенні температури випалювання цієї композиції до 1423 K має місце: збільшення площин ділянок поглинання у діапазонах частот коливань 800...1200 cm^{-1} з екстремумом при 1020 cm^{-1} , 700...800 cm^{-1} з екстремумами при 780 і 760 cm^{-1} з посиленням інтенсивності останнього до такої при 780 cm^{-1} ; 400...500 cm^{-1} з екстремумом при 450 cm^{-1} ; послаблення інтенсивності екстремумів при 690 і 550 cm^{-1} .

При зміні співвідношення шлак:глина від 1:9 до 1:4 починає підвищуватись різниця між вмістом муліту у вогнетривкій глині і композиціях з застосованими залізовмісними шлаками. При зміні цього співвідношення від 1:4 до 2:3, а особливо від 2:3 до 1:1 ця різниця суттєво підвищується, а у композиціях знаходиться значна кількість склоподібних фаз, зменшується вміст піроксенів. При підвищенні концентрації FeO у кольорових шлаках або штучних стеклах від 0 до 10...15 мас.%, при перерахунку їх складу на систему „FeO-CaO-SiO₂”, вплив цих залізовмісних речовин на цей процес посилюється.

Підвищення ступеню окислення заліза від Fe²⁺ до Fe³⁺ у застосованих залізовмісних речовинах починається при температурах випалювання композицій у межах 1273...1373K. При її зростанні від 1373 до 1473K, відношення Fe³⁺/ Fe²⁺ змінюється від 0.08...0.16 до 0.57...0.63.

Висновки. Залізовмісні шлаки з двовалентним залізом, модельні склади яких розташовуються у елементарному трикутнику „S-CS-CF'S₂” більш ефективно впливають на процес синтезу муліту у вогнетривкій глині, ніж такі речовини, модельні склади яких розташовуються у елементарних трикутниках „F'S-CF'S₂-S”, „CS-C₂F'S₂-CF'S₂”, „F'₂S-CF'S₂-F'S”, „F'₂S-C₂F'S₂-CF'S₂”, „F'₂S-CF'S-C₂F'S₂”.

Література

1. Голубничий А.В. Застосування шлаків кольорової металургії при виробництві силікатних матеріалів. - Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка. -К.: 2002, вип. №17. - С.9 - 11.
2. Бабушкин В.И., Матвеев Г.М., Мчедлов-Петросян О.П. Термодинамика силикатов. – М.: Стройиздат, 1986. – 408 с.



УДК 658.336.8

О.В. Бондарчук, канд. техн. наук, доцент КНУБА

СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ МУЛЬТИПРОЕКТА РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ И РАЗВИТИЯ ОРГАНИЗАЦИЙ

АННОТАЦИЯ: для формирования рационального содержания проектов изменений, входящих в состав мультипроекта реструктуризации и развития проектно-управляемых организаций предложена структурная модель группировки атрибутов всех действий, которые обеспечивают реализацию проектов изменений.

АНОТАЦІЯ: для формування раціонального змісту проектів змін, які входять до складу мультипроекта реструктуризації та розвитку проектно-орієнтованих організацій запропоновано структурну модель групування атрибутів всіх дій, які забезпечують реалізацію проектів змін.

ANNOTATION: A structural model of grouping attributes of all activities, which provide realization of alteration projects, has been proposed for forming rational contents of alteration projects, which are part of restructuring and development of project-manageable organizations.

Постановка проблемы. Развитие организации в первую очередь означает ее способность справляться с более сложными задачами и эффективно реагировать на изменения в рыночных условиях существования. Успешность деятельности каждого предприятия (организации) во многом определяется тем, насколько адекватно, быстро и эффективно они способны произвести изменения, соответствующие кризисным условиям. Как показывает мировой опыт, путь к нормализации в период кризиса лежит через создание проектно-ориентированных организационных и производственных структур и разработку ориентированных на предприятие методологии и информационной технологии управления проектами. Для целенаправленного осуществления таких изменений необходим проектный подход как фактор эффективной реструктуризации и развития предприятий и организаций.

Анализ основных исследований и публикаций. Проблеме создания методологии развития организаций посвящены многочисленные научные разработки [1-4]. Данные исследования посвящены разработке научно-теоретического и научно-практического базиса применения методологии управления проектами для развития предприятий и организаций на основе создания и использования матричной технологии проактивного управления развитием организации. Однако в проведенных исследованиях не рассматривались вопросы реструктуризации и развития проектно-управляемых организаций через реализацию отдельных проектов, приводящих к изменению организаций.

Проведенный анализ этих работ позволяет сделать вывод, о том, что задача создания научно-методических основ управления отдельными проектами развития в процессе реструктуризации и развития предприятий и организаций представляет сложную динамическую систему и требует научного решения.

Изложение основного материала. Для формирования структуры мультипроекта реструктуризации и развития организаций необходимо определиться с тем, как должна структурироваться информационная среда МРР для достижения поставленных целей. Для этого необходимо:

1. Определиться с критериями структуризации.
2. Разработать эффективную схему структуризации действий в мультипроекте реструктуризации и развития проектно-управляемой организации.

Решить эти задачи без структурного моделирования МРР с помощью современных компьютерных средств невозможно. Таким образом, в основу синтеза структуры управления, которая будет обеспечивать реализацию эффективной схемы планирования

мультипроекта реструктуризації і розвитку проектно-управляємої організації, положено моделювання різних варіантів формування змісту проекту.

Об'єктами моделі середовища мультипроекта реструктуризації і розвитку проектно-управляємої організації (MPP) являються:

- модель мультипроекта;
- модель проекту змін;
- модель роботи;
- модель продуктів (результатів) проекту змін;
- модель ресурсів MPP.

Модель MPP можна представити формальною п'ятіркою:

$$\Lambda = \langle i^\Lambda, G, W^\Lambda, \tau^\Lambda, t^\Lambda \rangle, \quad (2.1)$$

де i^Λ – назва мультипроекта;

G – перелік проектів змін;

W^Λ – зв'язки слідування між проектами змін (як і для робіт проекту, вони приймають значення старт-старт, старт-фініш, фініш-старт, фініш-фініш);

τ^Λ – момент старту мультипроекта;

t^Λ – момент завершення мультипроекта.

Для об'єднання окремих проектів змін, що входять до складу MPP для досягнення єдиної системи цілей використовується параметр зв'язки між проектами змін. Ці переходи відображають можливість реалізації одного проекту змін після закінчення реалізації попереднього. Момент активізації (старту) мультипроекта відображає момент часу, коли необхідно почати коренні зміни в організації. Момент пасивізації (завершення) є параметром, що відображає момент закінчення змін в організації.

Модель проекту змін, що входить до структури MPP, можна представити формальною семеркою:

$$G = \langle i^G, Z, W^G, \tau^G, t^G, \pi, S^G \rangle, \quad (2.2)$$

де i^G – назва проекту;

Z – перелік дій (робіт), необхідних для реалізації проекту;

W^G – зв'язки між діями (роботами) проекту;

τ^G – момент активізації проекту;

t^G – момент пасивізації проекту;

π – продукт проекту;

S^G – вартість проекту.

Основним параметром моделі є параметр, що визначає необхідні дії, які необхідно виконати в проекті змін. Кожен проект може знаходитися в одному з трьох станів: активний (0), пасивний (-1), пасивізований (1). Умови активності і параметри всіх проектів представляють собою декларативні знання (параметри моделюваних об'єктів і їх значення).

Для реалізації переходу між роботами одного проекту змін, що входить до складу мультипроекта реструктуризації і розвитку в проектно-управляємої організації, необхідним параметром є зв'язка між роботами проекту. Ці переходи відображають можливість реалізації однієї роботи після закінчення реалізації попередньої. Момент активізації моделі проекту відображає момент часу, коли необхідно почати виконання проекту. Момент пасивізації моделі проекту є параметром, що відображає момент закінчення часу реалізації проекту.

Модель роботи можна представити формальною шестіркою:



$$Z = \langle i^Z, R, M, \tau^Z, t^Z, S^Z \rangle, \quad (2.3)$$

где: i^Z – наименование работы проекта;
 R – множество ресурсов, необходимых для выполнения работы;
 M – состояние работы проекта;
 τ^Z – момент активизации работы;
 t^Z – момент пассивизации работы;
 S^Z – стоимость работы.

В наименовании работы содержится информация, идентифицирующая данную работу по реструктуризации и развитию организации. Параметр «множество ресурсов работы проекта» представляет собой перечень ресурсов, необходимых для выполнения работы. Состояние работы может принимать следующие значения: пассивная (-1), активная (0), пассивизированная (1). Момент активизации и момент пассивизации работы проекта является необходимым параметром для моделирования и управления проектами мультипроекта.

Модель продуктов (результатов) проекта можно представить формальной четверкой:

$$\pi = \langle i^\pi, m^\pi, F, W^\pi \rangle, \quad (2.4)$$

где i^π – название продукта проекта;
 m^π – состояние продуктов (результатов) проекта;
 F – множество сформированных в процессе выполнения проекта реструктуризации и развития организационных, продуктовых и технологических изменений, направленных на совершенствование организации;

W^π – условие формирования продуктов проектов (предшествующие результаты, без которых невозможно получить данный продукт).

Продуктом (результатом) проекта изменений является новая организация или новая продукция, или новая технология, которые обеспечивают более эффективную реализацию управленческих и производственных функций предприятия или организации.

Реализация МРР требует материально-технического и финансового обеспечения каждого проекта. Эти элементы называются ресурсами проектов. Общий вид ресурсов проектов может быть представлен формальной четверкой:

$$R = \langle i^R, h, S^R, M^R \rangle, \quad (2.5)$$

где: i^R – название ресурса;
 h – тип ресурса;
 S^R – стоимость ресурса;
 M^R – состояние ресурса.

Параметр «тип ресурса» может принимать следующие значения:

h_1 – исполнители;
 h_2 – материально-технические ресурсы;
 h_3 – информация;
 h_4 – финансовые ресурсы.

Состояние ресурса – это атрибут, отображающий текущее состояние ресурса и может принимать три значения: ресурс отсутствует (-1), ресурс есть, но пока не используется (0), ресурс используется (1).

Выводы и перспективы развития. Главными положительными свойствами представленных моделей являются их модульность, высокий уровень мобильности, простота описания, идентичность описания объектов, работ и ресурсов. Исходя из структуры МРР, можно сделать следующее допущение: рассматриваемые модели больше

отвечают закономерностям реструктуризации и развития проектно-управляемой организации, чем классические сетевые модели.

Таким образом, одним из главных условий обеспечения качественного проектного управления в проектно-управляемой организации является реализация совокупности проектов изменений (объединенных в мультипроект реструктуризации и развития организации), которые можно успешно выполнять только на основе развития методологии управления проектами через создание проблемно-управляемых моделей, методов и средств.

Литература

1. Бушуев С.Д. Развитие систем знаний и технологий управления проектами // Управление проектами. - М.: Изд. дом «Гребенникова», 2(2), 2005.- с.18-24.
2. Бушуева Н.С. Модели и методы проактивного управления программами организационного развития: (Монография). – К.: Наук. світ, 2007. - 200 с.
3. Кононенко И.В. Компьютеризация управления развитием производственно-экономических систем. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2006. – 239 с.
4. Пригожин А.И. [Методы развития организаций](#). - Москва: МЦФЭР, 2003. - 368с.



Модельовання технологічних процесів

УДК 624. 879

Л.Є. Пелевін, к. т. н., проф. КНУБА,
М.О. Пристайло, КНУБА

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛЮВАННЯ РІЗАННЯ ҐРУНТУ НАКОНЕЧНИКОМ З КОНСОЛІЮ

АНОТАЦІЯ. В статті доведено, що при проведенні лабораторних досліджень по різанню ґрунту наконечником з консоллю доцільно використовувати модель ґрунту, зокрема парафін, та визначено параметри моделі наконечника

Ключові слова. Модель, ґрунт, наконечник, консоль.

АНОТАЦІЯ. В статье доказано, что при проведении лабораторных исследований по резке почвы наконечником из консолю целесообразно использовать модель грунта, частности парафин, и определены параметры модели наконечника.

Ключевые слова. Модель, почва, наконечник, консоль.

SUMMARY. This article has shown that during laboratory tests on soil cutting tip of cantilever installed cutting edge appropriate to use a model of soil including paraffin and defined geometric parameters of the model tip.

Key words. Model, soil, tip, cantilever.

Вступ. Експериментальні дослідження процесу різання ґрунту передбачають вирішення наступних основних задач:

- створення моделі ґрунту з заданими фізико-механічними характеристиками;
- розробку, виготовлення та апробація лабораторної установки та моделі робочого органу;
- оцінка достовірності силових параметрів визначених теоретичними дослідженнями [1].

Мета і постановка задачі. Обґрунтувати модель ґрунту (робочого середовища) та визначити параметри моделі наконечника з консоллю для визначення її впливу на процес різання ґрунту.

Виклад основного матеріалу. Широка гамма ґрунтів і відмінність в протіканні процесу їх різання, вимагають визначення кожної з названих залежностей для декількох ґрунтів. Експериментальні дослідження проводяться на наступних ґрунтах: спонділова глина, каоліни, лісовидний суглинок, ущільнений річний пісок, щебінь різної фракції [2].

Крім названих натуральних ґрунтів для досліджень використовуються штучні ґрунти (моделі), що характеризуються достатньо постійними властивостями.

Постійність властивостей ґрунтів має велике значення, тому що вивчення окремих закономірностей і особливо фізичних явищ, супроводжуваних процесом, мало необхідність багаторазового повторення дослідів при умові стабільності властивостей досліджуваних зразків та монолітів. Для моделювання ґрунтів використовують парафін, цементно-піщані суміші і суміші парафіну з річним піском. Фізико-механічна характеристика досліджуваних натуральних і штучних ґрунтів приведена в таблиці 1.

Одним з кращих матеріалів для моделювання ґрунтів з пружно-пластичними властивостями являється парафін. Крім постійності фізико-механічних властивостей з протягом часу та при повторному приготуванні, парафін дає можливість візуального визначення характеру деформації окремих ділянок стружки по зміні структури та кольору деформованих ділянок, а також спостерігати зародження і подальше розповсюдження тріщин в процесі руйнування. Для дослідження напруженого стану ґрунтового масиву парафін зручний тим що при виникненні пластичних деформацій в ньому змінюється оптичні властивості. Характер руйнування парафіну в процесі різання подібний характеру руйнування глинистих ґрунтів. В йому, як і у глинистих ґрунті, утворюється проріз з

вертикальними боковими поверхнями біля дна, подібні елементи стружки, спостерігаються характерне коливання сили різання.

Таблиця 1.

Фізико механічна характеристика досліджених ґрунтів та матеріалів.

Ґрунт або матеріал	Густина ρ , г/см ³	Вологість по масі, %	Число ударів ударника ДОРНИИ	Опір стискання МПа	Кут внутрішнього тертя	зчеплення
Спондилова глина (Київська обл.)	1,93	28,3	14	1,09	13°20′	0,41
Коаліни (черкаська обл.)	1,85	32,2	7-10	0,29	8°06′	0,29
Лісовидний суглинок (житомирська обл.)	1,55	18,3	11	0,16	41°36′	0,03
Ущільнений річний пісок	1,80	10,8	40	-	-	-
парафін	0,85	-	32	1,45	22°30′	0,37
Суміш парафіну з річним піском	1,85	-	34	2,96	21°18′	0,97
Цементно піщана суміш	1,93	-	8	-	-	-

На якісну аналогію стружки утворень парафіну і глинистих ґрунтів звертав увагу А.Н. Зеленін. Використовували в своїх дослідженнях В.А. Захаров, Б.В. Нечезеленко, В.І. Рипуло, Ю.П. Пристайло, В.М. Смірнов та деякі інші дослідники [2].

Тому, при фізичному моделюванні варто зважати на вище перелічені властивості парафіну та досвід науковців, що використовували його в своїх.

Таке моделювання дає змогу з мінімальними затратами провести дослідження нових конструктивних рішень РО і оптимізувати його параметри. Методологія моделювання робочих процесів розпушування ґрунтів базується на теорії подібності [3].

Умови фізичного моделювання робочого процесу розпушування ґрунтів передбачають, що: визначаючі критерії подібності процесу розпушування ґрунту для моделі і оригіналу повинні бути одаковимн; однойменні фізичні параметри системи диференційних рівнянь, що описують робочий процес, складених для моделі і оригіналу, повинні бути відповідно пропорційними; процес взаємодії РО з середовищем в моделі і оригіналі повинен належати до одного класу явищ і описуватися однаковою системою диференційних рівнянь; модель і оригінал РО і системи в цілому повинні бути геометрично подібні; початкові умови, що характеризують робочий процес в моделі, повинні бути подібні відповідним умовам оригіналу; граничні умови моделі повинні бути подібні граничним умовам оригіналу[4].



Взаємодія наконечника з консоллю та робочого середовища описується рівнянням

[5]

$$\begin{aligned}
 P_{N\delta} = & m_a \cdot H \cdot b_K + 2m_{a^{3:i}} \cdot H^2 + 2m_{a^{3:i..n\delta}} \cdot H + \frac{2m_a^2 \cdot L_E^5 \cdot b_E^2}{\Omega \cdot c_K^3 \cdot b_K \cdot V \cdot T_c \cdot \cos \beta} + \\
 & + \frac{8m_{a^{3:i}}^2 \cdot L_E^7}{\Omega \cdot c_K^3 \cdot b_K \cdot V \cdot T_c \cdot \cos \beta} + \frac{8m_{a^{3:i..n\delta}}^2 \cdot L_E^5}{\Omega \cdot c_K^3 \cdot b_K \cdot V \cdot T_c \cdot \cos \beta} + \frac{8m_a \cdot L_E^6 \cdot b_E \cdot m_{a^{3:i}}}{\Omega \cdot c_K^3 \cdot b_K \cdot V \cdot T_c \cdot \cos \beta} + \\
 & + \frac{8m_a \cdot L_E^5 \cdot b_E \cdot m_{a^{3:i..n\delta}}}{\Omega \cdot c_K^3 \cdot b_K \cdot V \cdot T_c \cdot \cos \beta} + \frac{16m_{a^{3:i}} \cdot L_E^6 \cdot m_{a^{3:i..n\delta}}}{\Omega \cdot c_K^3 \cdot b_K \cdot V \cdot T_c \cdot \cos \beta} - \frac{3u \cdot L_E^2 \cdot b_E \cdot c_E \cdot \rho_{c\delta}}{8V \cdot T_c \cdot \cos \beta}
 \end{aligned} \quad (1)$$

де: $P_{N\delta}$ - сила опору ґрунта різанню наконечником з консоллю;

m_a - коефіцієнт, що характеризує питому силу для руйнування ґрунту в вільному зрізі;

$m_{a^{3:i}}$ - коефіцієнт, що характеризує питому силу для руйнування ґрунту в бічних зонах;

$m_{a^{3:i..n\delta}}$ - коефіцієнт, що характеризує питому силу для руйнування ґрунту в бічних зрізах;

H - глибина різання; L_E - довжина консолі; b_E - ширина консолі; c_E - товщина консолі; V -

швидкість впровадження РО; T_c - час сколу елемента ґрунту; β_i - кут різання; u - швидкість

розповсюдження хвилі деформації в ґрунті; $\rho_{c\delta}$ - густина сталі (матеріалу з якого

виготовлений наконечник); $\Omega = 10^{11} \frac{H}{\lambda^2}$ - коефіцієнт пропорційності.

Для виконання умов подібності процесів, що відбуваються при взаємодії з середовищем фізичної моделі оригіналу РО необхідне дотримання рівності геометричних і динамічних критеріїв подібності [6]. Запишемо параметри натурального процесу через параметри фізичної моделі та коефіцієнти подібності

$$P_{N\delta i} = v_{P_{N\delta}} \cdot P_{N\delta \lambda}, \quad m_{a i} = v_m \cdot m_{a \lambda}, \quad m_{a^{3:i..H}} = v_{m_{a^{3:i}}} \cdot m_{a^{3:i..H \lambda}}, \quad m_{a^{3:i..n\delta i}} = v_{m_{a^{3:i..n\delta}}} \cdot m_{a^{3:i..n\delta \lambda}},$$

$$L_{i \lambda} = v_{L_i} \cdot L_{i \lambda}, \quad V_H = v_V \cdot V_M, \quad T_{c i} = v_{T_c} \cdot T_{c \lambda}, \quad \beta_{i \lambda} = v_{\beta_i} \cdot \beta_{i \lambda}, \quad u_i = v_u \cdot u_{i \lambda}, \quad \rho_{c\delta i} = v_{\rho_{c\delta}} \cdot \rho_{c\delta \lambda} \quad (2)$$

де $P_{N\delta i}$, $m_{a i}$, $m_{a^{3:i..H}}$, $m_{a^{3:i..n\delta i}}$, $L_{i \lambda}$, V_H , $T_{c i}$, $\beta_{i \lambda}$, u_i , $\rho_{c\delta i}$ параметри натуральної моделі,

$P_{N\delta \lambda}$, $m_{a \lambda}$, $m_{a^{3:i..H \lambda}}$, $m_{a^{3:i..n\delta \lambda}}$, $L_{i \lambda}$, V_M , $T_{c \lambda}$, $\beta_{i \lambda}$, $u_{i \lambda}$, $\rho_{c\delta \lambda}$ параметри фізичної моделі,

$v_{P_{N\delta}}$, v_m , $v_{m_{a^{3:i..H}}}$, $v_{m_{a^{3:i..n\delta}}}$, v_{L_i} , v_V , v_{T_c} , v_{β_i} , v_u , $v_{\rho_{c\delta}}$ відповідні коефіцієнти подібності. Тоді

можна записати рівняння, подібні рівнянню (1), для натурального процесу та його моделі, які мають вигляд

$$\begin{aligned}
 P_{N\delta i} = & m_{a i} \cdot H_i \cdot b_{K i} + 2m_{a^{3:i..H i}} \cdot H_i^2 + 2m_{a^{3:i..n\delta i}} \cdot H_i + \frac{2m_{a i}^2 \cdot L_{E i}^5 \cdot b_{E i}^2}{\Omega \cdot c_{K i}^3 \cdot V_H \cdot T_{c i} \cdot \cos \beta_i} + \\
 & + \frac{8m_{a^{3:i..H i}}^2 \cdot L_{E i}^7}{\Omega \cdot c_{K i}^3 \cdot b_{K i} \cdot V_H \cdot T_{c i} \cdot \cos \beta_i} + \frac{8m_{a^{3:i..n\delta i}}^2 \cdot L_{E i}^5}{\Omega \cdot c_{K i}^3 \cdot b_{K i} \cdot V_H \cdot T_{c i} \cdot \cos \beta_i} + \frac{8m_{a i} \cdot L_{E i}^6 \cdot b_{E i} \cdot m_{a^{3:i..H i}}}{\Omega \cdot c_{K i}^3 \cdot V_H \cdot T_{c i} \cdot \cos \beta_i} + \\
 & + \frac{8m_{a i} \cdot L_{E i}^5 \cdot b_{E i} \cdot m_{a^{3:i..n\delta i}}}{\Omega \cdot c_{K i}^3 \cdot V_H \cdot T_{c i} \cdot \cos \beta_i} + \frac{16m_{a^{3:i..H i}} \cdot L_{E i}^6 \cdot m_{a^{3:i..n\delta i}}}{\Omega \cdot c_{K i}^3 \cdot b_{K i} \cdot V_H \cdot T_{c i} \cdot \cos \beta_i} - \frac{3u_i \cdot L_{E i}^2 \cdot b_{E i} \cdot c_{E i} \cdot \rho_{c\delta i}}{8V_H \cdot T_{c i} \cdot \cos \beta_i}
 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
 P_{\bar{N}\delta i} = & m_{a\bar{i}} H_{\bar{i}} \cdot b_{K\bar{i}} + 2m_{a^{3\pm i.\bar{i}}} \cdot H_{\bar{i}}^2 + 2m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}} \cdot H_{\bar{i}} + \frac{2m_{a\bar{i}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^5 \cdot b_{E\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}} + \\
 & + \frac{8m_{a^{3\pm i.\bar{i}}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^7}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot b_{K\bar{i}} \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}} + \frac{8m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^5}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot b_{K\bar{i}} \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}} + \frac{8m_{a\bar{i}} \cdot L_{E\bar{i}}^6 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}} + \quad (4) \\
 & + \frac{8m_{a\bar{i}} \cdot L_{E\bar{i}}^5 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}} + \frac{16m_{a^{3\pm i.\bar{i}}} \cdot L_{E\bar{i}}^6 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot b_{K\bar{i}} \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}} - \frac{3u_{\bar{i}} \cdot L_{E\bar{i}}^2 \cdot b_{E\bar{i}} \cdot c_{E\bar{i}} \cdot \rho_{c\delta\bar{i}}}{8V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}
 \end{aligned}$$

Виходячи з подібності моделі і натурального процесу, поділимо відповідні доданки рівнянь (3) і (4) між собою і запишемо співвідношення

$$\begin{aligned}
 \frac{P_{\bar{N}\delta i}}{P_{\bar{N}\delta i}} = & \frac{m_{a\bar{i}} \cdot H_{\bar{i}} \cdot b_{K\bar{i}}}{m_{a\bar{i}} \cdot H_{\bar{i}} \cdot b_{K\bar{i}}} = \frac{2m_{a^{3\pm i.\bar{i}}} H_{\bar{i}}^2}{2m_{a^{3\pm i.\bar{i}}} H_{\bar{i}}^2} = \frac{2m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}} H_{\bar{i}}}{2m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}} H_{\bar{i}}} = \frac{\frac{2m_{a\bar{i}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^5 \cdot b_{E\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}}{\frac{2m_{a\bar{i}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^5 \cdot b_{E\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}} = \\
 = & \frac{\frac{8m_{a^{3\pm i.\bar{i}}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^7}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot b_{K\bar{i}} \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}}{\frac{2m_{a\bar{i}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^5 \cdot b_{E\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}} = \frac{\frac{8m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^5}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot b_{K\bar{i}} \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}}{\frac{8m_{a\bar{i}} \cdot L_{E\bar{i}}^6 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}} = \\
 = & \frac{\frac{8m_{a\bar{i}} \cdot L_{E\bar{i}}^5 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}}{\frac{8m_{a\bar{i}} \cdot L_{E\bar{i}}^5 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}} = \frac{\frac{16m_{a^{3\pm i.\bar{i}}} \cdot L_{E\bar{i}}^6 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot b_{K\bar{i}} \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}}{\frac{16m_{a^{3\pm i.\bar{i}}} \cdot L_{E\bar{i}}^6 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot b_{K\bar{i}} \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}} = \frac{\frac{3u_{\bar{i}} \cdot L_{E\bar{i}}^2 \cdot b_{E\bar{i}} \cdot c_{E\bar{i}} \cdot \rho_{c\delta\bar{i}}}{8V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}}{\frac{3u_{\bar{i}} \cdot L_{E\bar{i}}^2 \cdot b_{E\bar{i}} \cdot c_{E\bar{i}} \cdot \rho_{c\delta\bar{i}}}{8V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}} \quad (5)
 \end{aligned}$$

Використавши для цих співвідношень залежності (2), отримаємо

$$\begin{aligned}
 \frac{v_{P_{\bar{N}\delta}} \cdot P_{\bar{N}\delta i}}{P_{\bar{N}\delta i}} = & \frac{v_m \cdot m_{a\bar{i}} \cdot v_L^2 \cdot H_{\bar{i}} \cdot b_{K\bar{i}}}{m_{a\bar{i}} \cdot H_{\bar{i}} \cdot b_{K\bar{i}}} = \frac{2v_{m_{a^{3\pm i.\bar{i}}}} \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}} \cdot v_L^2 \cdot H_{\bar{i}}^2}{2m_{a^{3\pm i.\bar{i}}} \cdot H_{\bar{i}}^2} = \frac{2v_{m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}} \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}} \cdot v_L \cdot H_{\bar{i}}}{2m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}} \cdot H_{\bar{i}}} = \\
 = & \frac{\frac{2v_m^2 \cdot m_{a\bar{i}}^2 \cdot v_L^6 \cdot L_{E\bar{i}}^5 \cdot b_{E\bar{i}}}{\Omega \cdot v_L^3 \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot v_V \cdot V_{\bar{i}} \cdot v_{T_c} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot v_{\beta} \cdot \beta_{\bar{i}}}}{\frac{2m_{a\bar{i}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^5 \cdot b_{E\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}} = \frac{\frac{8v_{m_{a^{3\pm i.\bar{i}}}}^2 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}}^2 \cdot v_L^7 \cdot L_{E\bar{i}}^7}{\Omega \cdot v_L^4 \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot b_{K\bar{i}} \cdot v_V \cdot V_{\bar{i}} \cdot v_{T_c} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot v_{\beta} \cdot \beta_{\bar{i}}}}{\frac{2m_{a\bar{i}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^5 \cdot b_{E\bar{i}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}} = \\
 = & \frac{\frac{8v_{m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}}^2 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}\delta\bar{i}}^2 \cdot v_L^5 \cdot L_{E\bar{i}}^5}{\Omega \cdot v_L^4 \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot b_{K\bar{i}} \cdot v_V \cdot V_{\bar{i}} \cdot v_{T_c} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot v_{\beta} \cdot \beta_{\bar{i}}}}{\frac{8m_{a\bar{i}}^2 \cdot L_{E\bar{i}}^5}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot b_{K\bar{i}} \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}} = \frac{\frac{8v_m \cdot m_{a\bar{i}} \cdot v_L^6 \cdot L_{E\bar{i}}^6 \cdot v_{m_{a^{3\pm i.\bar{i}}}} \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}}}{\Omega \cdot v_L^3 \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot v_V \cdot V_{\bar{i}} \cdot v_{T_c} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot v_{\beta} \cdot \beta_{\bar{i}}}}{\frac{8m_{a\bar{i}} \cdot L_{E\bar{i}}^6 \cdot m_{a^{3\pm i.\bar{i}}}}{\Omega \cdot c_{K\bar{i}}^3 \cdot V_{\bar{i}} \cdot T_{c\bar{i}} \cdot \cos \beta_{\bar{i}}}} =
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
& \frac{8v_m \cdot m_{\dot{a}\dot{l}} \cdot v_L^5 \cdot L_{\dot{E}\dot{l}}^5 \cdot v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}{\Omega \cdot v_L^3 \cdot c_{K\dot{l}}^3 \cdot v_V \cdot V_{\dot{l}} \cdot v_{T_c} \cdot T_{c\dot{l}} \cdot v_\beta \cdot \beta_{\dot{l}}} = \frac{16v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}} \cdot v_L^6 \cdot L_{\dot{E}\dot{l}}^6 \cdot v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}{\Omega \cdot v_L^4 \cdot c_{K\dot{l}}^3 \cdot b_{K\dot{l}} \cdot v_V \cdot V_{\dot{l}} \cdot v_{T_c} \cdot T_{c\dot{l}} \cdot v_\beta \cdot \beta_{\dot{l}}} = \\
& = \frac{8m_{\dot{a}\dot{l}} \cdot L_{\dot{E}\dot{l}}^5 \cdot m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}{\Omega \cdot c_{K\dot{l}}^3 \cdot V_{\dot{l}} \cdot T_{c\dot{l}} \cdot \cos \beta_{\dot{l}}} = \frac{16m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}} \cdot L_{\dot{E}\dot{l}}^6 \cdot m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}{\Omega \cdot c_{K\dot{l}}^3 \cdot b_{K\dot{l}} \cdot V_{\dot{l}} \cdot T_{c\dot{l}} \cdot \cos \beta_{\dot{l}}} \quad (6) \\
& = \frac{3v_u \cdot u_{\dot{l}} \cdot v_L^4 \cdot L_{\dot{E}\dot{l}}^2 \cdot b_{\dot{E}\dot{l}} \cdot c_{\dot{E}\dot{l}} \cdot v_{\rho_{\dot{c}\dot{o}}}}{8v_{V_H} \cdot V_{\dot{l}} \cdot v_{T_c} \cdot T_{c\dot{l}} \cdot v_\beta \cdot \beta_{\dot{l}}} \\
& = \frac{3u_{\dot{l}} \cdot L_{\dot{E}\dot{l}}^2 \cdot b_{\dot{E}\dot{l}} \cdot c_{\dot{E}\dot{l}} \cdot \rho_{\dot{c}\dot{o}}}{8V_{\dot{l}} \cdot T_{c\dot{l}} \cdot \cos \beta_{\dot{l}}}
\end{aligned}$$

Згідно з теореми подібності скорочуємо вираз (6) в результаті чого отримуємо співвідношення між коефіцієнтами подібності

$$\begin{aligned}
v_{P_{\dot{N}\dot{O}}} &= v_m \cdot v_L^2 = v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L^2 = v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L = \frac{v_m^2 \cdot v_L^6}{v_L^3 \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = \frac{v_m \cdot v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L^7}{v_L^4 \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = \frac{v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}^2 \cdot v_L^5}{v_L^4 \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = \\
& = \frac{v_m \cdot v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L^6}{v_L^3 \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = \frac{v_m \cdot v_L^5 \cdot v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}}{v_L^3 \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = \frac{v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L^6 \cdot v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}}{v_L^4 \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = \frac{v_u \cdot v_L^4 \cdot v_{\rho_{\dot{c}\dot{o}}}}{v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} \quad (7)
\end{aligned}$$

Розділивши всі частини співвідношення (7) на $v_{P_{\dot{N}\dot{O}}}$, отримуємо систему з рівнянь

$$\begin{aligned}
\frac{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}}}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}}} &= 1; \frac{v_m \cdot v_L^2}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}}} = 1; \frac{v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L^2}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}}} = 1; \frac{v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}}} = 1; \frac{v_m^2 \cdot v_L^3}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}} \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = 1; \\
\frac{v_m \cdot v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L^3}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}} \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} &= 1; \frac{v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}^2 \cdot v_L}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}} \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = 1; \frac{v_m \cdot v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L^3}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}} \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = 1; \\
\frac{v_m \cdot v_L^2 \cdot v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}} \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} &= 1; \frac{v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L^2 \cdot v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}} \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = 1; \frac{v_u \cdot v_L^4 \cdot v_{\rho_{\dot{c}\dot{o}}}}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}} \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = 1. \quad (8)
\end{aligned}$$

Оскільки деякі з рівнянь ідентичні, залишимо з них чотири рівняння:

$$\frac{v_m \cdot v_L^2}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}}} = 1; \quad (9)$$

$$\frac{v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} \cdot v_L}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}}} = 1; \quad (10)$$

$$\frac{v_m^2 \cdot v_L^3}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}} \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = 1; \quad (11)$$

$$\frac{v_u \cdot v_L^4 \cdot v_{\rho_{\dot{c}\dot{o}}}}{v_{P_{\dot{N}\dot{O}}} \cdot v_V \cdot v_{T_c} \cdot v_\beta} = 1, \quad (12)$$

які зв'язують між собою дев'ять невідомих величин. З них п'ять величин визначимо, знаючи фізичні властивості ґрунту та моделі:

$$\begin{aligned}
v_m &= \frac{m_{\dot{a}\dot{l}}}{m_{\dot{a}\dot{l}}} = \frac{20.5 \cdot 10^5}{7.6 \cdot 10^5} = 2.697, \quad v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} = \frac{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} = \frac{7.3 \cdot 10^4}{2.2 \cdot 10^4} = 3.318, \\
v_{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} &= \frac{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}}{m_{\dot{a}^3\dot{f}\dot{i}\dot{n}\dot{d}}} = \frac{20.4 \cdot 10^3}{4.365 \cdot 10^3} = 4.673, \quad v_{T_c} = \frac{T_{c\dot{l}}}{T_{c\dot{l}}} = \frac{0.174}{0.162} = 1.074, \quad v_{\beta_i} = 1, \\
v_u &= \frac{u_{\dot{l}}}{u_{\dot{l}}} = \frac{799.503}{762.012} = 1.0492,
\end{aligned}$$

, а чотири визначимо:

$$\text{з рівнянь (9) та (10) } v_{L_i} = \frac{v_{m_{d^2-i.\tilde{n}\tilde{d}}}}{v_m} = \frac{4.673}{2.967} = 1.575,$$

$$\text{з рівняння (9) } v_{P_{\tilde{N}\tilde{O}}} = v_m \cdot v_{L_i}^2 = 2.697 \cdot 1.575^2 = 6.6908,$$

$$\text{з рівняння (11) } v_{V_H} = \frac{v_{m_{d^2-i.\tilde{n}\tilde{d}}} \cdot v_{L_i}}{v_{P_{\tilde{N}\tilde{O}}} \cdot v_{T_c} \cdot v_{\beta_i}} = \frac{4.673 \cdot 1.575}{6.6908 \cdot 1.074 \cdot 1} = 1.024,$$

$$\text{з рівняння (12) } v_{\rho_{c\tilde{b}}} = \frac{v_{P_{\tilde{N}\tilde{O}}} \cdot v_{V_H} \cdot v_{T_c} \cdot v_{\beta_i}}{v_{L_i}^4 \cdot v_u} = \frac{6.6908 \cdot 1.024 \cdot 1.074 \cdot 1}{1.575^4 \cdot 1.0492} = 1.139.$$

Підставивши ці значення у співвідношення (2), визначено геометричні параметри наконечника: ширину наконечника $L_{bM} = \frac{L_{bH}}{v_{L_i}} = \frac{0.08}{1.575} = 0.0507\text{ м}$, товщину консолі

$$L_{cM} = \frac{L_{cH}}{v_{L_i}} = \frac{0.02}{1.575} = 0.012\text{ м}; \text{ матеріал моделі наконечника } \rho_{cmM} = \frac{\rho_{cmH}}{v_{\rho_{cm}}} = \frac{9800}{1.139} = 8604 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

(сталь); глибину різання $L_{HM} = \frac{L_{HH}}{v_{L_i}} = \frac{0.24}{1.575} = 0.15\text{ м}$; кут різання $\beta_{iM} = \beta_{iH}$; швидкість

$$\text{різання } V_i = \frac{V_i}{v_V} = \frac{0.25}{1.024} = 0,244 \frac{\text{і}}{\tilde{n}}.$$

Висновок. Отже, для проведення лабораторних досліджень наконечника з консолю зважаючи на властивості, зокрема, оптичні, обрана модель ґрунту - парафін. Використовуючи теорію подібності визначено ширину наконечника, що дорівнює 0,05 м., товщину консолі – 0,012 м., глибину різання – до 0,15 м., кут різання -45° , матеріал моделі наконечника – сталь швидкість впровадження моделі в ґрунт – 0,24 м/с, та знайдено коефіцієнт подібності для порівняння силових параметрів робочого процесу, визначених теоретично та отриманих з досліджень. Це дало можливість для розробки та проектування натурального робочого органа розпушника наконечник якого обладнаний консольною ріжучою кромкою.

Література

1. Встров Ю.А. “Резание ґрунтов землеройными машинами“, “Машиностроение” М., 1971. – 360 с.
2. Смірнов В.М. Основи теорії різання ґрунтів просторово-орієнтованими ножами робочих органів землерийних машин: Монографія. – К.: - “МП Леся”, 2009. – 260 с.
3. Теория подобия. Моделирование/Алабужев П.М., Геронимус, Минкевич Л.М. и др. – М.: Высшая школа 1968. – 345 с.
4. Баловнев В.И. “Физическое моделирование резания ґрунтов”, – М.: Машиностроение, 1969.-160 с.
5. Пелевін Л.Є., Пристайло М. О. Руйнування ґрунтів та гірських порід деформатором зконсольною ріжучою кромкою // Гірничі бадівельні, дорожні та меліоративні машини, 2005.- № 70.
6. Ловеїкін В.С., Назаренко І.І., Онищенко О.Г. Теорія технічних систем: Навч. посібник. – Київ – Полтава: ІЗМН – ПДТУ, 1998. – 175 с.



УДК 339.03:621.86

Т.С. Шаляпіна, аспірант

ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ ПРИЙНЯТТЯ ЕФЕКТИВНИХ РІШЕНЬ ПРИ ОПТИМІЗАЦІЇ РІВНЯ МЕХАНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

АНОТАЦІЯ. Здійснено аналіз методів та моделей прийняття ефективних рішень при формуванні оптимального складу машин і механізмів будівельної організації.

Ключові слова: методи, моделі, оптимальний склад машин.

АННОТАЦИЯ. Выполнен анализ методов и моделей принятия эффективных решений при формировании оптимальных составов машин и механизмов строительной организации.

Ключевые слова: методы, модели, оптимальный состав машин.

ANNOTATION. The analysis methods and models of effective decision-making in the formation of the optimal composition of machines and mechanisms for building organization was carried out.

Key words: methods, models, optimal composition of machines and mechanisms.

Актуальність проблеми. За сучасного стану будівництва, особливо монолітно-каркасного, виникає нагальна потреба у виборі оптимального варіанта формування процесів механізації. В роботі вирішується ця проблема шляхом вибору моделей та методів моделювання машин і механізмів будівельної організації.

Оцінка та аналіз моделей. При прийнятті рішень для формування моделей вибору організаційно-технологічних параметрів будь-яких систем і в тому числі парків машин будівельних організацій застосовується низка методів моделювання [1-6].

Існуючі методи моделювання [7,8,9] враховують особливості різних етапів процесу формування та розвитку ринкових відносин і їх можна класифікувати наступним чином: ресурсний, інтерполятивний, нормативний, дослідно-статистичний, балансовий і інші.

Ресурсний метод моделювання передбачає виділення вихідної умови для розробки моделі із урахуванням конкретних умов роботи та наявних ресурсів, і застосовується при монопольній перевазі організації над іншими фірмами. Організація самостійно визначає мету і складає відповідні плани для їх реалізації. При цьому важливим фактором є вибір позиції організації, оскільки застосовуються й різні принципи визначення кінцевого та проміжних значень чинників та параметрів, що входять, як складові в модель. Якщо організація при створенні моделі переконана, що конкуренція не є дієвою, то є сподівання, що розвиток у майбутньому відбуватиметься із збереженням тих самих тенденцій, які закладені в моделі. Отже, значення вибраних чинників та показників оцінюють методом екстраполяції – на підставі динаміки цих показників у минулому, припускаючи, що темпи і пропорції, досягнуті на момент розробки моделі не змінилися в майбутньому.

Інтерполятивний метод, на відміну від ресурсного встановлює мету і на цій основі визначає термін прогнозного періоду і відповідні проміжні показники. Порівнюючи ці два методи можна зробити висновок, що ресурсний метод є прямим, а інтерполяційний – зворотнім, коли вибрана мета реалізується оцінкою кінцевих значень планових показників із обчисленням проміжних їхніх значень. Виходячи з цього, ступінь обґрунтованості показників є важливим аспектом вибору методів моделювання за способом розрахунку прогнозних показників та факторів моделі. Застосовується, так званий, дослідно-статистичний метод, який передбачає використання фактичних статистичних даних за попередні роки з метою встановлення планових показників.

Заслугує уваги факторний метод моделювання, сутність якого полягає в тому, що прогнозні значення показників встановлюють на основі визначення найбільшого впливу тих факторів, які домінують в зміні цих показників. Факторні розрахунки застосовуються

для прогнозування зростання продуктивності праці, зниження собівартості продукції, отримання прибутку.

Нормативний метод прогнозування [10] побудований на ідеї, яка передбачає розрахунки прогнозних показників на основі прогресивних норм використання ресурсів із врахуванням їхніх змін в результаті впровадження організаційно-технічних заходів у плановому періоді.

Балансовий метод передбачає розробку спеціальних таблиць-балансів, в одній частині яких із різним ступенем деталізації показують всі напрямки витрати ресурсів згідно з потребами, а в другій – джерела надходження цих ресурсів. При застосуванні цього методу необхідно забезпечити рівності між двома його частинами. Баланси на підприємстві розробляються для матеріальних, трудових і фінансових ресурсів.

Матричний метод планування є розвитком балансового методу і його сутність полягає в побудові моделей взаємозв'язків між виробничими підрозділами та показниками, які можуть бути оптимізовані за допомогою економіко-математичного моделювання і прогнозування.

Система методів прогнозування формується через фіксацію можливих і структурованих за певними ознаками методів розробки прогнозів майбутнього стану того чи іншого суб'єкта господарювання. Залежно від джерел інформації, технології її обробки та одержаних результатів, методи економіко-математичного моделювання і прогнозування поділяються на групи: фактографічні, евристичні, інформаційного моделювання та оптимізації.

Сутність фактографічних методів прогнозування полягають у використанні фактичних матеріалів, що характеризують зміни в часі всієї сукупності чи окремих ознак об'єкта прогнозування.

Метод екстраполяції передбачає припущення про незмінність чинників, що визначають розвиток об'єкта дослідження.

Метод функцій являється математико-статистичним методом прогнозування, який базується на використанні автокореляційних функцій, що передбачає виконання двох послідовних дій. Спочатку формулюють завдання прогнозування й визначають критерій його вирішення, а потім, використовуючи часовий ряд, який відображає процес розвитку параметрів виробничої системи в часі, визначають прогнозовану величину на перспективний період за умови мінімізації середньоквадратичних похибок передбачення.

Факторний аналіз визначає вплив зміни окремих факторів на зміни результативного показника з допомогою детермінованих прийомів дослідження, коли між факторами існує прямий структурний зв'язок. Факторний аналіз може бути як прямим – розподіл результативного показника на складові частини, так і зворотнім – коли окремі елементи сполучають в загальний показник.

Метод кореляційних моделей полягає в пошуку математичних формул, що характеризують статистичний зв'язок одного показника з іншим або з групою інших показників. Обов'язковою умовою можливості та доцільності застосування таких методів є встановлення ступеня надійності кореляційних рівнянь на підставі логічного аналізу достатності статистичної вибірки масиву даних.

Під час розв'язання кореляційних і регресійних рівнянь здійснюється пошук кількісних значень параметрів вихідних залежностей, які можна визначити за допомогою методу найменших квадратів. Сутність цього методу полягає в тім, щоб мінімізувати суми квадратичних відхилень між величинами, які спостерігаються, та відповідними величинами, розрахованими за підібраними рівняннями зв'язку.

Евристичні методи прогнозування передбачають здійснення прогнозних розробок за допомогою логічних прийомів і методичних правил теоретичних досліджень. Конкретні методи прогнозування цієї групи охоплюють дві підгрупи – інтуїтивні та аналітичні. З поміж основних методів першої підгрупи виокремлюють методи експертної оцінки й



«мозкової атаки», а другої – методи морфологічного аналізу, побудови «дерева цілей», інформаційного моделювання, оптимізації.

В будівництві широко використовується метод експертних оцінок [11], в основу якого покладено спосіб збирання необхідної інформації шляхом анкетування.

Застосовуються два підходи до використання цього методу прогнозування: індивідуальні та групові оцінки. Індивідуальні оцінки полягають у тім, що кожен експерт дає незалежну оцінку у вигляді інтерв'ю або аналітичної записки. Групові оцінки базуються на колективній роботі експертів та одержанні сумарної оцінки від усієї групи експертів, яких залучено до прогнозної оцінки конкретних технологічних процесів.

Метод «мозкової атаки» [12] є різновидом методу групових експертних оцінок і полягає у творчій співпраці певної групи експертів – спеціалістів для розв'язання поставленого завдання способом проведення дискусії та аналізу («мозкової атаки»). Учасники такої дискусії мають дотримуватися двох правил поведінки: 1) не допускати критики та негативних коментарів щодо міркувань опонентів; 2) не заперечувати нової ідеї, якою б абсурдною з погляду з погляду можливої її практичної реалізації вона не видавалася.

Метод морфологічного аналізу [12] базується на використанні всіх можливих варіантів, виходячи із закономірностей побудови (морфології) об'єкта прогнозування, що досліджується. Прогнозна оцінка розвитку організації здійснюється комбінуванням можливих варіантів розвитку досліджуваного об'єкту.

Методи оптимізації передбачають використання алгоритмів лінійного та нелінійного програмування для пошуку найбільш раціонального (оптимального) рішення, яке надає екстремуму цільовій функції (критерію задачі) і задовольняє прийнятій системі обмежень. Методи багатокритеріальної оптимізації [13] підпорядковують пошук рішення кільком критеріям (цільовим функціям) в рамках єдиного плану задачі. Пошук оптимального рішення здійснюється як комбінація окремих (локальних) рішень в рамках обмежень, встановлених для вектору рішень.

Внески локальних рішень в загальне здійснюють на основі експертних оцінок мінімізації матриці втрат, чи іншими методами.

Процес вдосконалення методів формування механізмів будівельної організації є безперервним. Ефективність цього процесу визначається в основному тим, наскільки вирішена проблема розробки методів визначення оптимальних структур машин для конкретного будівельного процесу. Сама по собі структура, що є сукупністю і взаємозв'язком тих чи інших елементів, в певній мірі визначає ефективність прийняття рішень.

Висновок. На основі виконаного аналізу та оцінки існуючих моделей встановлено, що існує нагальна потреба в створенні нових моделей, підходів, методик та алгоритмів по забезпеченню відповідності сучасного рівня та структури парку будівельних машин та механізмів, які б враховували галузевий рівень використання основних фондів, дозволили б визначити міру впливу сучасної технології будівництва.

Література

1. Бланк И.А. Основы инвестиционного менеджмента. 2 т. / И.А. Бланк.- К.: Ника-Центр, 2001. – 294 с.
2. Вилкас З.И. Решения, теория, информация, моделирование / З.И. Вилкас, Майминас. -М.: Радио и связь, 1981. – 328 с.
3. Водачек Л. Стратегия управления инновациями на предприятии / Л. Водачек, О. Водачкова.- М.: Экономика, 1992. – 270 с.
4. Гнеденко Б.В. Введение в теорию массового обслуживания. / Б.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко.- М.: Наука, 1987. – 336 с.

5. Кунц Г. Управление: системный и ситуационный анализ управленческих функций [пер. с англ.] / Г. Кунц, С. О'Доннел. – М.: Прогресс, 1981. – 762 с.
6. Шевцова С.А. Управление парком машин и механизмов строительной организации / С.А. Шевцова // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2003. - № 8. – с. 49-55.
7. Поколенко В.О. Організація маркетингової діяльності будівельно-інвестиційних компаній / В.О. Поколенко, О.С.Рубцов //Збірник наукових праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». К.: КНУБА, 1999. – Вип. 5. – с.63-69.
8. Прикладные модели теории массового обслуживания / В.А. Шуенкін, В.С. Донченко. – К.: НМКВО, 1992. – 398 с.
9. Статистическое моделирование и прогнозирование / Под редакцией проф. А. Гранберга. – М.: Финансы ии статистика, 1997. – 403 с.
10. Белоконь А.И. Организационно-технологическое прогнозирование развития парка грузоподъемных машин монтажной организации / А.И. Белоконь // Управление строительными проектами: Сборник научных трудов. – Днепропетровск: Бюро-М, 1996. – Вып. 1. – с. 46-57.
11. Барабанов Л.Я. Математико-статистические методы экспертных оценок / Л.Я. Барабанов, Ф.Г. Гурвич. – М.: Статистика, 1980. – 159 с.
12. Назаренко І.І. і інш. Системний аналіз технічних об'єктів / І.І. Назаренко і інш.
13. Тугай О.А. Застосування економіко-математичних методів для розподілу будівельних машин між ділянками робіт / О.А. Тугай // Збірник наукових праць «Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин». – К.: КДТУБА, 1998. – Вип. 4. – с. 231-233.



УДК 624.154.1

М. О. Гембарська, Науково-дослідний інститут підземного і спеціального будівництва

ІМІТАЦІЙНІ ВИПРОБУВАННЯ БУРОНАБИВНИХ ПАЛЬ З ВИКОРИСТАННЯМ КІНЦЕВОЕЛЕМЕНТНИХ МОДЕЛЕЙ

АНОТАЦІЯ. У статті досліджено відповідність результатів імітаційного моделювання палей з застосуванням кінцевих елементів до даних натурних випробувань, отриманих згідно діючих норм. Розглянуто доцільність використання імітаційного моделювання для оцінки значень фізико-механічних властивостей ґрунту, отриманих під час геологічних вишукувань.

АННОТАЦИЯ. В статье исследовано соответствие результатов имитационного моделирования свай с использованием конечных элементов к данным натурных испытаний, полученных в соответствии действующих норм. Рассмотрено целесообразность использования имитационного моделирования для оценки физико-механических свойств грунта, полученных во время геологических изысканий.

ANNOTATION. Accordance between pile imitation design with the use of finite element computer program and results of real model tests was described in this article. Possibility of use the imitation design for verifications of physical and mechanical soil properties was also shown.

Формулювання проблеми. Згідно діючих будівельних норм кількість палей, що піддаються натурним статичним випробуванням має складати до 0,5% від загальної кількості на даному об'єкті, але не менше 2 шт. Однак часто, в зв'язку з тим, що в межах одного будівельного майданчика геологічні умови значно різняться, постає необхідність проведення додаткових натурних випробувань для оцінки роботи палей та уточнення геології. Це призводить до наднормових витрат. Виникає потреба заміни натурних випробувань імітаційними.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Метод польових випробувань палями регламентується відповідними чинними нормами [1]. Однак, окрім натурних випробувань є необхідність проведення численного моделювання. Цю проблему досліджують Клованич С.Ф, Парамонов В.Н. В своїх працях вони описують кінцевоелементне моделювання в нелінійних задачах геомеханіки [2, 3]. Визначені логіко-математичні моделі можна числено реалізувати за допомогою сучасних програм на ЕОМ. Посібник до програми PLAXIS 3D описує, як цього досягти в зазначеній програмі [4].

Формулювання мети статті. Метою проведеного дослідження є співставлення результатів натурних статичних випробувань з результатами імітаційного моделювання, що виконується з застосуванням кореляційного аналізу. Спираючись на отримані дані необхідно визначити доцільність використання імітаційного моделювання для оцінки достовірності механічних та деформаційних характеристик ґрунту, які визначаються при інженерно-геологічних вишукуваннях, а також оцінки осідань палей в тих точках майданчика, де не було виконано статичних випробувань.

Викладення основного матеріалу. В 2011 р. проводилося обстеження будівлі одного з банків з метою визначення її технічного стану. Геологічні вишукування на об'єкті проводились в 1992 та 2001 рр. Відповідно до даних двох наявних звітів про інженерні вишукування ділянка знаходиться в межах лівого берегу долини р. Либідь. Розвідана товща ґрунтів, що становить 16 м, представлена насипними ґрунтами, верхньочетвертинними алювіальними відкладами, які складаються з пісків, супісків, суглинків і палеогенових спондилових глин. Ґрунтові води знаходяться на глибині 2,2-3,5 м. При цьому слід зазначити, що надані геологічні розрізи та значення фізико-механічних властивостей ґрунту в представлених звітах різняться (рисунок 1). Основна відмінність геології 2001 р. порівняно з даними 1992 р. полягала в виділенні над спондиловою глиною шару «наглинку»; окрім цього є різниця між значеннями модулів деформації різних шарів ґрунту, що

коливається в межах 20-27%, відрізняються також і міцнісні характеристики: кут внутрішнього тертя та зчеплення.

При вирішенні проблеми визначення достовірності тієї чи іншої інженерно-геологічної моделі в розпорядженні дослідника були результати статичних випробувань двох буронабивних паль діаметром 630 мм (рисунк 2), одержані у відповідності з чинними нормами [1]. Базуючись на цих даних прийнято рішення використати метод імітаційного випробування паль з метою визначення, яка з наявних геологій більш точно відповідає фактичним ґрунтовим умовам майданчика.

В якості логіко-математичного опису об'єкту використано модель у вигляді кінцевих елементів масиву ґрунту та палі. Дана модель найбільш точно відповідає системі «буроін'єкційна паля – основа» [2, 3]. При цьому для ґрунтового середовища, що оточує палю, прийнято механічну модель Кулона-Мора, а для тіла палі - модель жорсткого тіла, що знаходиться в товщі ґрунта.

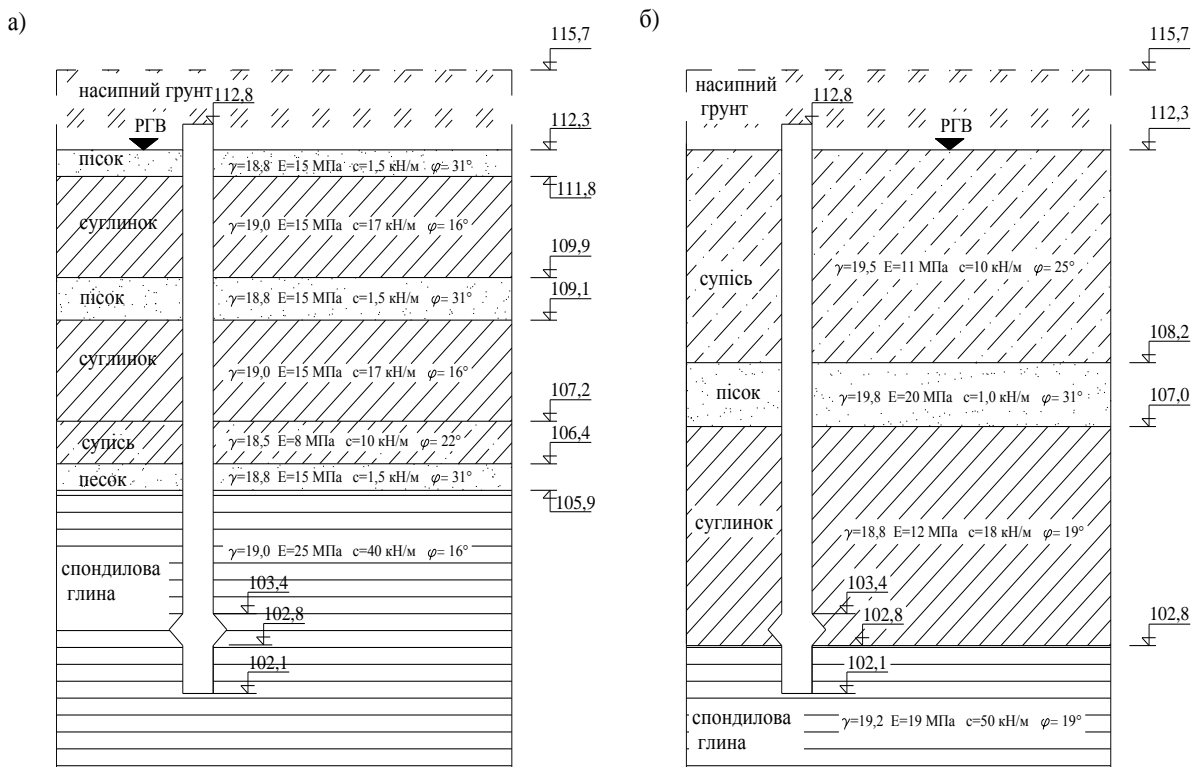


Рисунок 1. Геологія ділянки за даними геологічних вишукувань: а) 1992 р., б) 2001 р.

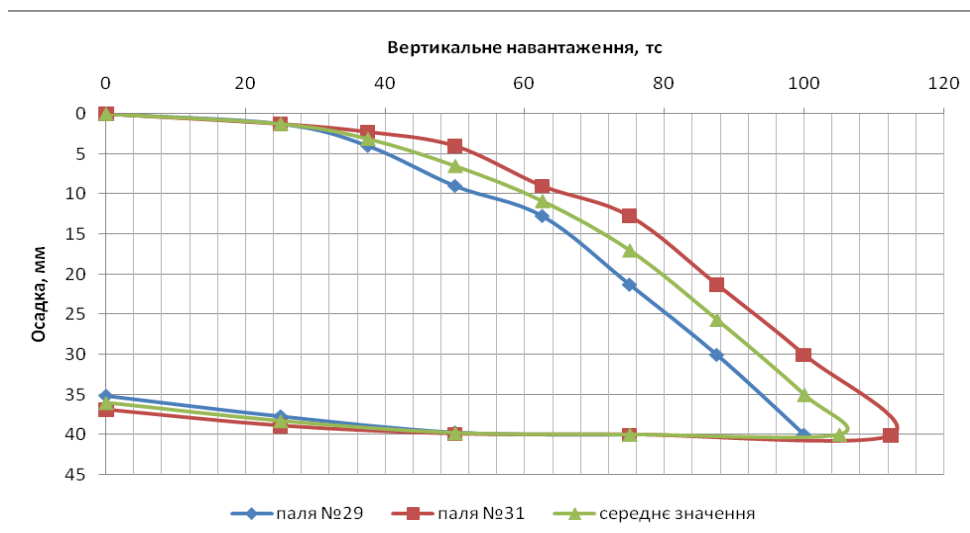


Рисунок 2. Результати статичних випробувань паль.



Для чисельної реалізації визначеної імітаційної моделі використано програму Plaxis 3D Foundation. При обчисленні задавався ґрунтовий масив з розмірами 18x18x20 м (ахbхh), паля в модель вводилась за допомогою команди Massive circular pile [4]. В програмі проведено серію розрахунків типу «навантаження-осадка» в діапазоні навантажень до 112,5 тс; при цьому навантаження на палю прикладалося ступінчасто з тими ж величинами ступенів, що й при натурних статичних випробуваннях.

Певну складність при моделюванні являв собою спосіб задання розширення стовбура палі, оскільки реальна буронабивна палія, що є прототипом моделі, має розширення стовбура до 1200 мм, утворене механічним розбурюванням. В моделі воно було приведено до вигляду циліндра діаметром 1000 мм (рисунок 3). Прийняте значення приведенного діаметра визначено в ході розрахунків.

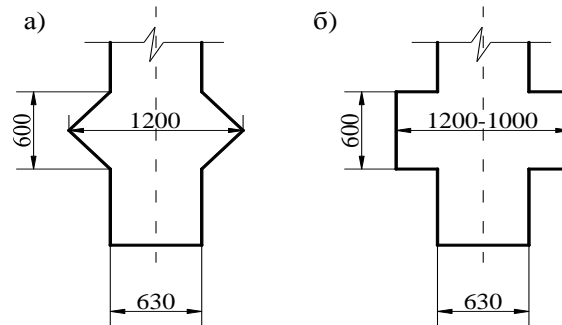


Рисунок 3. Розширення стовбура палі: а) реальне, б) приведенне.

В зв'язку з неточністю геології розрахунок проводився по трьом варіантам: I) завдання геологічного розрізу і фізико-механічних властивостей ґрунтів за даними вишукувань 2001 р.; II) завдання геологічного розрізу і фізико-механічних властивостей ґрунтів за даними вишукувань 1992 р.; III) завдання геологічного розрізу за даними вишукувань 1992 р., а фізико-механічних властивостей ґрунтів за даними 2001 р.

За визначеними даними для палі побудовано графіки залежності «навантаження-осадка» (рисунок 4).

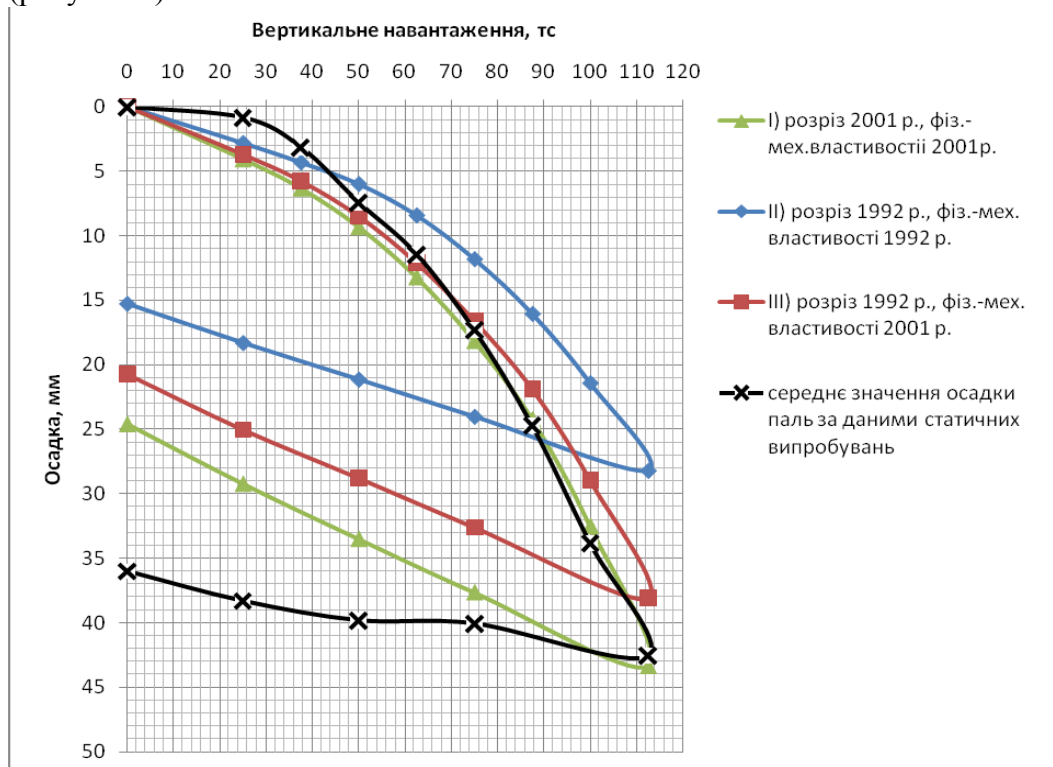


Рисунок 4. Значення осадки палі в залежності від ґрунтових умов.

Співставлення результатів натурних випробувань з результатами імітаційного моделювання виконано з застосуванням кореляційного аналізу. Найкращий показник кореляції $R=0,79$ відповідає першому варіанту задачі, для другого й третього варіантів він становить $R=0,67$ і $R=0,75$ відповідно.

Таким чином, імітаційне моделювання показало, що геологічний розріз 2001 р. більш достовірно відображає реальні умови майданчика.

Висновки:

1) Імітаційне моделювання з застосуванням кінцевих елементів та механічних моделей ґрунту та залізобетонних конструкцій дає придатні для практичного використання значення показників жорсткості буронабивних паль в діапазоні навантажень, що звичайно застосовуються при випробуванні паль згідно діючих норм;

2) Для оцінки достовірності отриманих даних імітаційного моделювання шляхом співставлення з натурними випробуваннями доцільно використовувати методи кореляційного аналізу;

3) При моделюванні уширення стовбуру палі його доцільно приводити до вигляду циліндра, діаметр якого може бути меншим діаметра проектного уширення, і його слід визначати експериментально при розрахунку, спираючись на дані натурних випробувань;

4) Імітаційне моделювання доцільно використовувати для оцінки достовірності механічних та деформаційних характеристик ґрунту, які визначаються при інженерно-геологічних вишукуваннях, а також оцінки осідань паль в тих точках майданчика, де не було виконано статичних випробувань.

Література

1. ДСТУ Б В.2.1-1-95 Основи та підвалини будинків і споруд. Ґрунти. Метод польових випробувань палями. – Чинний від 01.01.1995 - К.: Державний комітет будівництва і архітектури України, 1994. – 61 с.
2. Клованич С.Ф. Метод конечных элементов в нелинейных задачах инженерной механики / С.Ф. Клованич // Бібліотека журналу «Світ геотехніки», 9-й випуск. – З.: ООО «ИПО «Запорожье», 2009. – 400 с.
3. Парамонов В.Н. Конечноэлементное моделирование нестационарных задач геомеханики / В.Н. Парамонов, Н.И. Стеглянникова // Актуальные вопросы геотехники при решении сложных задач нового строительства и реконструкции: сб. тр. науч.-техн. конф. / Санкт-Петербургский госуд. архит.-строит. ун-т. – СПб., 2010. – С. 218 – 223.
4. Plaxis 3D Material model manual, 2001. – 110с.



УДК 629.114

С.О. Коваленко, аспірант КНУБА

ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ РЕЖИМІВ АВТОКРАНІВ

АНОТАЦІЯ. Визначені основні показники роботи автокранів та здійснена їх оцінка.

АННОТАЦИЯ. Определены основные показатели работы автокранов и осуществлена их оценка.

ANNOTATION. The main performance of the truck cranes was determined and their valuation was implemented.

Актуальність роботи. Дані експлуатаційних навантажень автокранів дозволяють правильно вибрати раціональні параметри, а також обґрунтовано оцінювати довговічність стрілового обладнання. Тому оцінка показників і характеристик кранів є актуальною, що і покладено в основу мети роботи.

Викладення основного матеріалу. На рис. 1 представлена діаграма розподілу робочого часу крану при однозмінній роботі, що є характерною для автомобільних кранів [1].

Як слідує із діаграми, що час переїздів автомобільних кранів як зовні, так і усередині об'єкту експлуатації приблизно рівний часу операцій кранів, що пояснюється високою мобільністю автомобільних кранів, які протягом зміни кілька разів міняють об'єкт експлуатації.

Дослідження роботи автомобільних кранів [2] показали, що 70 – 80 % вантажних операцій проводиться ними з основною стрілою, а робота із змінними робочим устаткуванням кранів вантажопідйомністю 4 – 6.3 т досягає 30 %, 10 т - 18 % і 16 т – 20 % .

Криві розподілу експлуатаційних навантажень на крюку автомобільних кранів різної вантажопідйомності (рис.2) [2] показують, що закон розподілу щільності вірогідності експлуатаційних навантажень має явно виражену позитивну асиметрію.

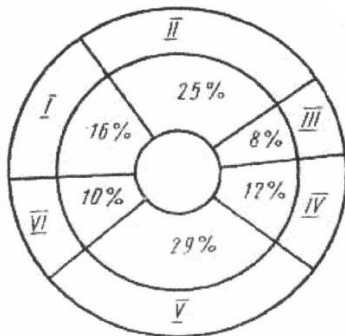


Рисунок 1. Діаграма розподілу робочого часу крану протягом зміни:

I – підготовчо – заключний час і час технічного обслуговування; II – час на переїзди поза об'єктом експлуатації; III – час на переїзди усередині об'єкту експлуатації; IV – час на перевід крану з транспортного положення в робоче і назад, включаючи установку опор; V – час кранових операцій; VI – технологічні перерви в роботі крану, а також втрати часу, зв'язані з уточненням завдання на об'єкті експлуатації, огляд місця установки крану, доріг, під'їздів.

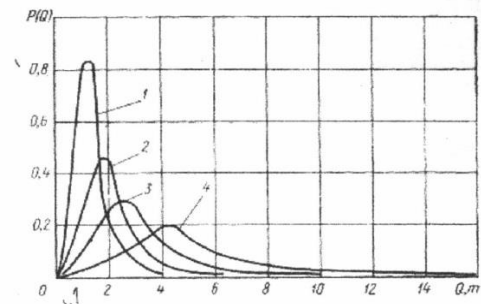


Рисунок 2. Криві розподілу щільності вірогідності $P(Q)$ експлуатаційних навантажень Q на крюку автомобільних кранів:

1 – вантажопідйомністю 4 т при $k_1 = +0.201$, $k_2 = +0.685$ і $\sigma = +0.615$ т; 2 – вантажопідйомністю 6.3 т при $k_1 = +0.198$, $k_2 = +0.0512$ і $\sigma = 1.095$ т; 3 – вантажопідйомністю 10 т при $k_1 = +0.208$, $k_2 = +0.0688$ і $\sigma = 1.708$ т; 4 – вантажопідйомністю 16 т при $k_1 = +0.222$, $k_2 = +0.0767$ і $\sigma = 2.709$ т.

На рис. 3 показаний кореляційний зв'язок між експлуатаційними навантаженнями на крюку автомобільних кранів і вильотом стріли [2].

Гістограми розподілів положень і кутів повороту стріли автомобільних кранів (рис. 4) [2] показують, що автомобільні крани близько 50 % вантажних операцій здійснюють при заданому положенні стріли (зони 5, 6, 7), що відповідає максимальній стійкості крану. Таким чином, для автомобільних кранів в цих зонах доцільне введення додаткових вантажних характеристик з підвищеним вантажним моментом.

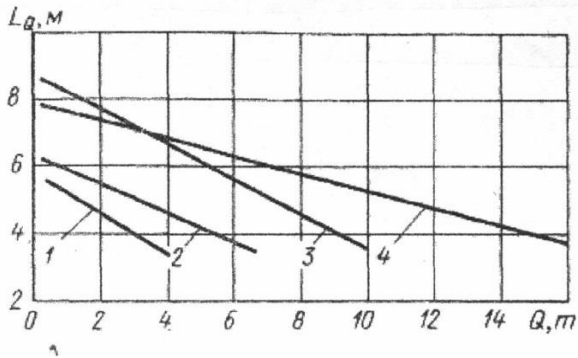


Рисунок 3. Лінії регресії кореляційного зв'язку вильоту і навантаження на крюку автомобільних кранів:

1 – вантажопідйомністю 4 т при $\kappa_3 = 5.8$, $\kappa_4 = 0.58$; 2 – вантажопідйомністю 6.3 т при $\kappa_3 = 6.32$ і $\kappa_4 = -0.42$; 3 – вантажопідйомністю 10 т при $\kappa_3 = 8.64$, $\kappa_4 = -0.5$; 4 – вантажопідйомністю 16 т при $\kappa_3 = 1.93$, $\kappa_4 = -0.26$

Таким чином існує певна розбіжність між даними, що передбачені при проектуванні режими (легкий, середній і т.д.) навантажень значно відрізняється від дійсних експлуатаційних режимів навантажень автомобільних кранів. У зв'язку з цим при проектуванні нових конструкцій автомобільних кранів доцільно виходити з дійсних експлуатаційних режимів навантажень, що дозволить більш обґрунтовано підходити до вибору запасів міцності, норм довговічності деталей, а також підвищувати вантажні параметри кранів.

Несуча здатність стрілових (самохідних) автокранів за великих вильотів обмежується стійкістю, яка залежить у першу чергу, від маси стріли, а за малих вильотів – головним чином міцністю стріли.

Розглянемо варіанти існуючих перерізів телескопічних стріл, що застосовуються в автомобільних кранах.

Застосування прямокутного перерізу, висота котрого більше ширини невігідно [3]. Вплив поперечних навантажень наблизив форму такого перерізу до квадратної. З метою запобігання витягування стиснутого нижнього поясу його необхідно підсилити; бажано також уникати сумування напружень у кутках перерізу й забезпечити центрування секцій, однак ряд фірм продовжують випускати стріли прямокутного перерізу. Фірма Harmischfege (США) застосувала надтонкі стінки для прямокутного перерізу, які втрачають стійкість й утворюють складки, котрі утворюють функцію розкосів. Фірма Grove та FMC (США) продовжують застосовувати прямокутні перерізи з великими вікнами, забезпеченими кантом. У роботі відмічаються зазначені переваги застосування прямокутного перерізу на останніх висувних секціях.

Фірма Coles (Великобританія) розробила й застосувала у крані TMS 860 переріз фірми Grove – Coles [3]. Конструкція перерізу дозволила зменшити поздовжній згин листів, а

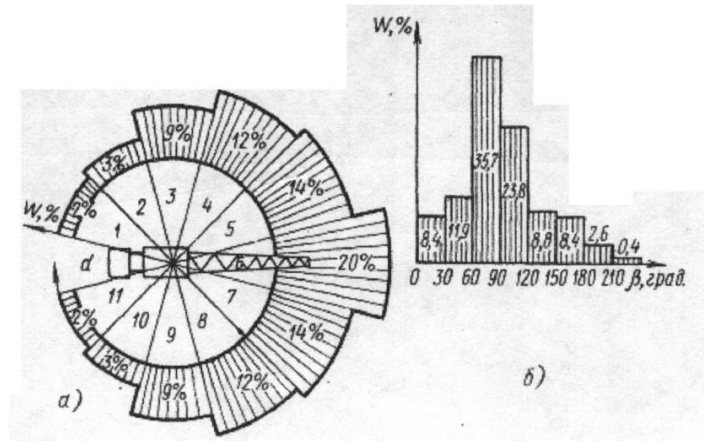


Рисунок 4. Гістограми розподілення положення (а) і кутів повороту (б) стріли автомобільних кранів при роботі: W – частість в %; β – кут повороту стріли в град; α , I – II – зони роботи крану.

також місцеві деформації поблизу подушок ковзання, уникнути сумування напружень у кутках відповідно, підвищити міцність та жорсткість стріли. Бічні перерізи виконані зігнутими, верхні косі ділянки довші за нижні, а середини вертикальних ділянок знаходяться на рівні 35...40% висоти перерізу. Боковини тонші поясків, ширина останніх складає 45...60% ширини усього перерізу. Маса стріли такого перерізу у порівнянні з прямокутним зменшена на 20...40%. Однак за даними роботи [3] зазначається, що у довгих стрілах переріз необхідно доповнювати елементами жорсткості, що спряжено з труднощами виконання зварювальних робіт.

Переріз “Diamond” (рис. 5, а, переріз I) фірми “Coles” виключає недоліки попереднього перерізу. Переріз має у своєму складі діафрагми 1, до котрих приварені подушки 2; з останніми зварюються пояси 3, а з ними – стінки.

Фірма “Coles” у 1984 запатентувала новий варіант цього перерізу (рис. 5, а, переріз II), який передбачає регулювання гвинтами поперечного зазору. Переріз має трикутні вікна з відігнутими бортами, виконані таким чином, що один трикутник повернений вершиною угору, а суміжний вниз, що додатково зменшує масу стріли.

Фірмою “Krupp” (Німеччина) застосовується переріз (рис. 5, б) у нижній частині який має потовщення для підвищення місцевої та загальної стійкості й має вузькі, нахилені під кутом 45° ділянки, які контактують з подушками ковзання. Останні виготовлені з синтетичних матеріалів й зафіксовані біля охопленої секції або є балансирними. На верхній балансир вільно спирається подушка, яка вільно ковзає вдовж закругленої секції. Елементи можуть ковзати один відносно другого тільки у поперечній площині. Балансир компенсує малі непаралельності, а допуск Т на неточності виготовлення компенсується відносним ковзанням елементів, що дає змогу уникнути небезпеки заїдань

Переріз фірми “Gottwald” (Німеччина) (рис. 5, в) передбачає у кутках потужні фасонні пояси, які сприймають зусилля розтягу та стискування. Стінки утворені трапецеїдально гофрованими листами товщиною 3...4 мм й сприймають тільки поперечні зусилля. Цей переріз підвищує на 40% несучу здатність телескопічних стріл у порівнянні з ґратковими

(20% за рахунок застосування покращеної сталі й 20% за рахунок уникнення витрати стійкості у стрижнях). Переріз застосований на кранах АМК400, АМК800 – 130 та інших. Цей переріз у порівнянні з восьмикутним збільшує на 43% масу стріли, але підвищує на 270% вантажопідйомність.

Фірмою “RO Corp” (США) застосовується переріз (рис. 5, г), який у результаті одностороннього приварювання верхнього листа призводить до викривлення вісі стріли уверх. При навантаженні стріла деформується у зворотну сторону й випрямляється. Викривлення можна регулювати швидкістю підведення тепла. Рекомендований відносний прогин складає 0.0038. Витрати часу на виготовлення секції на 30...50% нижче, ніж у інших конструкцій.

Найважливіша умова для підвищення несучої здатності стрілових автокранів – використання покращених матеріалів для самої стріли.

Застосування сталі із тимчасовим опором, більшим, ніж у сталі StE 70, не призводить до суттєвого збільшення вантажопідйомності, оскільки найважливішим критерієм для збільшення є здатність стріли проявляти опір щодо деформації. Зроблена спроба використати для стріли синтетичні і полімерні матеріали армовані вуглецевими волокнами. Ці матеріали мають підвищений модуль пружності, однак застосування вони не знайшли у зв'язку з високою вартістю. Пропонуються також сплави на основі алюмінію з добавками міді, заліза, марганцю та інших компонентів.

Іншим резервом підвищення несучої здатності стрілових автокранів є раціональний вибір способу висування стріли.

Висування стріли може здійснюватись одним чи кількома гідроциліндрами. Вибором числа їх і послідовністю телескопування визначають міцність й вагові співвідношення стріли у цілому, а також тривалість телескопування. При числі циліндрів, яке менше числа

секції необхідно додатково використати канатні чи ланцюгові поліспасти або здійснювати телескопування за рахунок човникового руху приводних секцій, який суміщають з блокуванням інших. Однак розміщення канатів чи ланцюгів всередині секцій часто стає неможливим, а човникове висування подовжує процес, що знижує переваги телескопічної стріли у порівнянні з ґратковою.

Співставлення двох варіантів висування секцій [], який починається з пакету 1 – ої, 2 – ої та 3 – ої висувних секцій (рис. 6, б) й синхронного (рис. 6, в) свідчить про те, що при синхронному висуванні M_{\max} менше, ніж при послідовному, що пояснюється більшим взаємним перекриттям секцій у випадку в). З тієї ж причини у останньому варіанті меншою є реакція у опорах ковзання, а відповідно й сили тертя.

Однак описана система має і недоліки. При деформаціях стріли спостерігаються перекоси послідовно розміщених гідроциліндрів й можливі витoki робочої рідини [4].

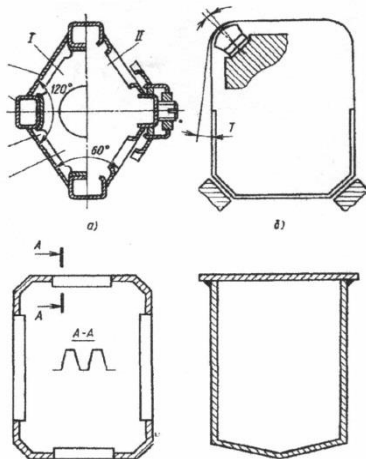


Рисунок 5. Переріз телескопічної стріли: а – Diamond фірми “Coles”; б – переріз фірми “Krupp”; в – НРС фірми “Gottwald”; г – переріз фірми “RO Corp”.

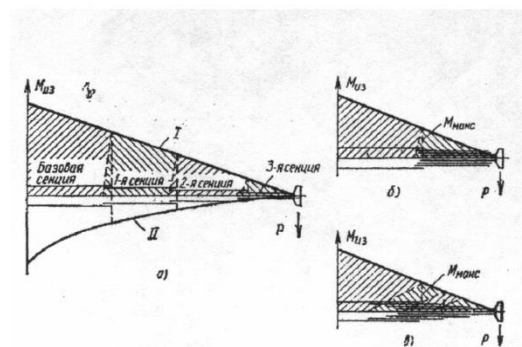


Рисунок 6. Епюри згинаючих моментів у телескопічній стрілі:
а – повністю висуnutій; б – частково послідовно висуnutій; в – частково синхронно висуnutій.

Пошук раціонального перерізу телескопічної стріли є задачею подальших досліджень.

Висновки.

1. Оцінка експлуатаційних характеристик автокрана засвідчує їх вплив на довговічність стрілового обладнання.
2. Існуючі перерізи телескопічної стріли не в повній мірі задовольняють сучасні вимоги до надійності стрілового обладнання і потребують подальших досліджень з метою пошуку оптимальної форми секції стріли.

Література

1. Заліско І.І. Аналіз конструкцій автомобільних кранів та ефективність їх використання / І.І. Заліско, С.О. Коваленко // Техніка будівництва: наук.-техн. журн. – К.: КНУБА, 2007. – № 20. – с. 10-15.
2. Улитенко І.П., Тимин Ю.Ф., Фридман Б.И. Статистические исследования эксплуатационных нагрузочных режимов автомобильных кранов // Строительные и дорожные машины, 1973, № 2. – с. 16-18.
3. Хасилев В.Л., Андриенко Н.Н. Высококачественные стали, используемые в конструкциях самоходных стреловых кранов // Строительные и дорожные машины, 1991, № 12. – с. 13-14.
4. Расчеты крановых механизмов и их деталей. 3-е изд. ВНИИПТмаш. – М.: Машиностроение, 1971. – 495 с.



УДК 621.875

І.І. Заліско, аспірант КНУБА

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НАПРУЖЕНЬ І ДЕФОРМАЦІЙ ОПОРНОГО ОБЛАДНАННЯ АВТОМОБІЛЬНОГО КРАНУ

АНОТАЦІЯ. *Визначено розподіл напруження і деформацій в опорних елементах автомобільного крану в залежності від власної ваги та зовнішніх навантажень за різних умов робочого процесу крана.*

АННОТАЦИЯ. *Определено распределение напряжений и деформаций в опорных элементах автомобильного крана в зависимости от собственного веса и внешних нагрузок в разных условиях рабочего процесса.*

ANNOTATION. *It also decreed the distribution of stress and strain in the reference cell car crane depending on their weight and external loads under various conditions workflow crane.*

Актуальність проблеми. Одним із важливих елементів конструкцій автокрану є опорно-поворотний пристрій та опорний контур, надійність роботи яких суттєво впливає на стійкість роботи кранів та його здатність забезпечувати заданий режим роботи. Тому дослідження вдосконалення конструкцій опорно-поворотних пристроїв є задачею актуальною, що підвищить ефективність та конструктивність вітчизняних автокранів.

Оцінка та аналіз існуючих досліджень. Аналіз існуючих досліджень засвідчують, що за теоретичними, експериментальними дослідженнями, завдяки науковим школам НВО «Всеросійським науково-дослідним інститутом будівельного і дорожнього машинобудування» (м. Москва), Виробничим об'єднанням «Завод імені Січневого повстання» (м. Одеса), Придніпровської державної академії будівництва і архітектури (м. Дніпропетровськ) та іншими [1–5], закладені основи проектування і створення опорного та опорно-поворотного пристроїв автокранів, що знайшли відображення в конструкціях вантажопідіймальної техніки.

Особливими варто вважати дослідження показників надійності машини та прогнозування ресурсу металоконструкцій опорно-поворотних пристроїв. Значні успіхи досягнуті школами, вже згадуваного, НВО «ВНДІ будмаш», автомобільно-дорожнього університету (м. Харків), Уральського політехнічного університету, Московського будівельного університету [6–8].

Методика та результати досліджень. Експериментальні дослідження з визначення напруженого стану опорного та поворотного обладнання проводилися за схемою (рис. 1).

Тензодатчики встановлювалися в місцях одноосного напруження стиску або розтягу, а тензорозетка, що складається із трьох тензодатчиків і встановлюються в місцях складного напруженого стану.

Методикою досліджень було передбачено два етапи.

На першому етапі досліджень (статичні дослідження) реєстрація показання тензометрів здійснювалася вимірювальною та реєструючою апаратурою.

На основі аналізу виконаних статистичних досліджень вибиралися навантажені локальні ділянки для другого етапу досліджень.

На другому етапі досліджень (динамічні дослідження) реалізувалися наступні режими навантаження крана:

- поворот і піднімання вантажу;
- підйом вантажу з відривом;
- опускання вантажу з різким гальмуванням;
- поворот вантажу з гальмуванням.

При динамічних дослідженнях реєстрація показання тензорозеток здійснювалася вимірювальною та реєструючою апаратурою.

Для кожного режиму навантаження поворотної частини крана відносно поздовжньої його осі поверталася на наступні кути: 0° 45° 90° 135° -45° -90° .

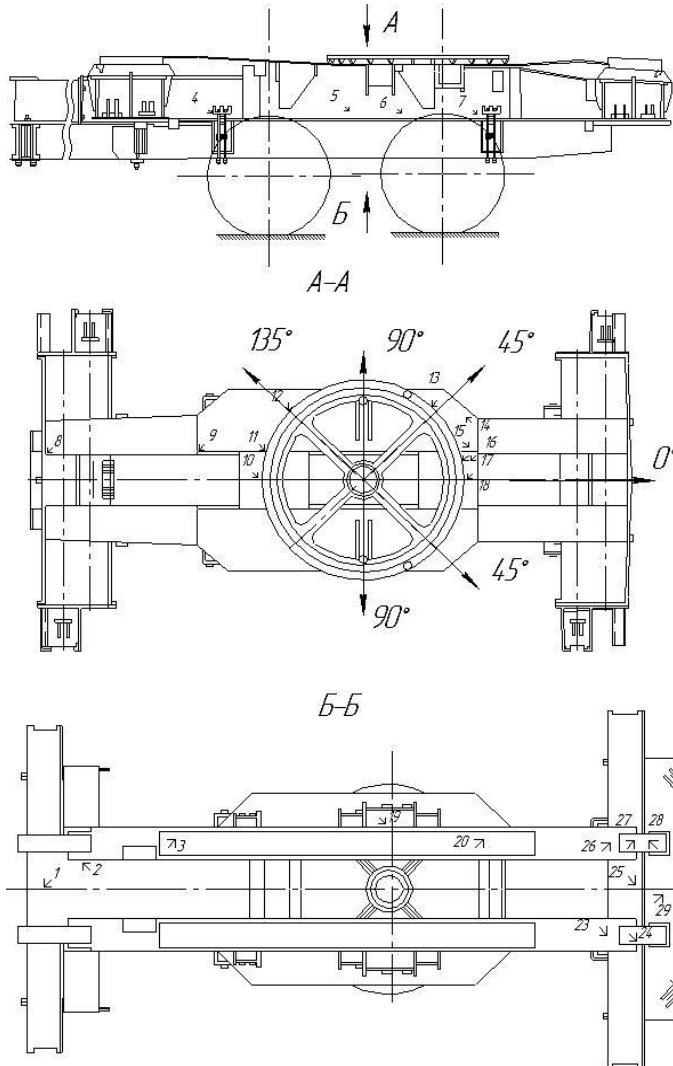


Рисунок 1. Схема розміщення тензодатчиків на ходовій рамі:
1-29 – місця установки тензодатчиків.

Перед початком випробувань кран встановлювався в «нульове положення», відповідне найбільш повного розвантаження металоконструкції ходової рами від вагового навантаження (кран на горизонтальній площадці без виносних опор) стріла «назад», без вантажу, виліт відповідає мінімальному навантаженню на раму, в «нульовому положенні».

Величина вильоту при «нульовому положенні» визначалася таким чином: кран встановлювався на горизонтальній площадці без виносних опор, стріла «назад», без вантажу. Переміщуючи стрілу в зоні $\pm 90^\circ$ і змінюючи виліт, знаходили значення вильоту, при якому показання квадрата при повороті платформи на 180° практично не змінювався.

Результати експериментальних досліджень напруженого стану від ваги робочого обладнання представлені в таблиці 1.

Таблиця 1.
Напружений стан ходової рами від ваги робочого обладнання

Номер розетки	Кути розміщення стрілового обладнання відносно поздовжньої осі крана																								
	-90°								-45°								0°								
	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1	94	50	31	81	22	62	32	19	47	29	22	41	9	32	43	6	13	9	31	11	2	12	10	2	
2	100	60	-29	87	20	70	91	-17	57	33	-33	50	12	40	50	-11	8	-3	28	10	6	0	6	5	
3	46	-4	40	49	25	17	26	25	21	-9	33	27	15	0	12	14	-2	-13	31	13	6	-10	-5	5	
4	56	17	-41	50	19	34	39	-19	21	9	-41	19	6	14	16	-6	13	-5	-40	16	9	3	6	-9	
5	56	23	-43	49	17	39	41	-17	25	4	30	23	10	9	20	9	5	1	-39	5	2	3	4	-2	
6	30	18	17	26	6	19	29	4	21	1	-19	21	10	3	19	-6	18	-7	-13	22	12	-6	17	-6	
8	-8	-19	31	16	5	-16	-11	5	-13	-20	35	18	2	-19	-17	2	-10	-15	35	13	2	-13	12	2	



9	-5	-22	38	20	8	-15	-11	8	-9	-16	-38	-14	3	-13	-12	-3	-13	-17	0	16	2	-17	-13	0
11	0	-37	-37	37	18	-24	-13	-18	0	-11	45	11	6	0	-11	0	-5	-9	-22	8	2	-8	-5	-2
12	16	-6	24	20	11	-3	12	8	9	-9	35	16	9	-3	3	9	-6	-8	-9	8	2	-9	-6	0
13	6	-15	-13	19	11	-14	5	-5	-7	-17	9	15	5	-17	-8	2	-12	-41	-29	36	14	-34	-19	-12
14	-24	-49	-26	42	12	-44	-29	-10	-30	-63	-19	54	16	-59	-34	-10	-44	-72	2	63	14	-22	-44	1
15	25	-127	35	249	144	-29	62	136	94	-102	31	170	98	-50	42	87	-32	-81	16	70	24	-77	-36	15

Продовження таблиці 1.

Номер розетки	45°								90°								135°							
	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	28	-21	-36	29	15	9	27	-15	56	-9	-33	61	32	11	36	61	33	-110	36	120	21	-22	-55	69
2	-1	-26	-1	26	13	26	1	-1	4	-51	-9	49	-23	-41	-5	-8	-2	-46	31	52	22	-45	-3	-8
3	-1	-5	13	4	2	-4	-1	1	-1	-3	-9	3	1	-3	-1	0	-8	-11	-22	10	7	-10	-9	-1
4	29	-27	-48	49	28	-2	3	-48	18	72	-43	83	48	-2	3	-48	66	-67	-44	115	61	-1	0	-67
5	20	-7	32	24	14	0	12	12	42	15	28	51	28	-2	29	24	55	-18	29	59	35	0	37	31
6	27	-8	4	32	17	-8	27	2	37	6	7	40	21	-5	37	5	33	-9	5	39	22	-10	32	4
8	-8	-24	39	22	8	-18	15	6	-7	-31	41	31	13	-22	-19	13	-16	-46	42	36	15	-26	-23	5
9	-16	-37	-10	32	10	-37	-17	-4	-22	-66	-7	58	22	-65	-23	-6	-25	-56	-7	76	28	-85	-30	-7
11	-12	-22	-2	19	5	-22	-12	0	-33	50	13	43	14	-48	-25	7	-33	-72	-5	62	16	72	-39	-3
12	-10	-34	31	30	12	-27	-16	10	-20	-71	34	64	25	-55	-37	24	16	-73	33	52	28	-56	-33	26
13	1	-58	-22	58	30	-49	-7	-21	-11	-61	-23	59	26	55	-20	-19	-10	-8	-17	39	16	-39	-13	-9
14	-47	-85	28	73	19	-76	-56	16	-29	-62	32	52	15	-51	-38	14	-38	-43	34	39	5	-40	-36	5
15	-73	-104	9	92	15	-103	-74	5	-80	-93	10	87	7	-93	-80	2	-51	-74	32	66	12	-67	-57	11

Аналіз отриманих значень показав, що максимальні напруження в рамі відповідають довжині стріли $L_{стр} = 21,7$ м, виліт стріли 18,4 м.

Варто відмітити, що наведені значення напруженого стану ходової рами безпосередньо в зоні ОПП і за довжиною поздовжньої балки, при цьому найбільші напруження мають місце в локальних точках, де розташовані тензорозетки 2 та 15. Максимальні головні напруження (σ_1 , σ_2) отримані при перпендикулярному положенні стрілового обладнання щодо поздовжньої осі крана $\pm 90^\circ$ і коливаються в межах від -127 МПа в області стиснення, до 170 МПа в області розтягування (тензорозетка 15). Найбільше наведене за четвертою теорією міцності напруження становить $\sigma_{np} = 249$ МПа (тензорозетка 15), а максимальне дотичне напруження має величину $\tau_{max} = 144$ МПа (тензорозетка 15).

Аналіз навантаження ходової рами показує, що напружений стан її зменшується при кутах положення робочого обладнання рівним 0° , $\pm 45^\circ$, 135° .

Найменші значення навантаження рами мають місце при розташуванні стріли в положенні 0° і коливаються в межах від -81 МПа, тензорозетка до 48 МПа. Порівнюючи напружений стан в зоні ОПП і за довжиною поздовжньої балки, необхідно відзначити, що при всіх кутах положення робочого обладнання щодо поздовжньої осі крана, напружений стан в зоні ОПП найбільшим. Аналіз зміни кута нахилу головних напружень показує, що ходова рама в зоні установки опорно-поворотного круга має плоский напружений стан, і кут нахилу головних напружень коливається в межах від -45° ; до $+45^\circ$.

Таким чином напружений стан ходової рами від дії власної ваги коливається в межах від -127 МПа в зоні стиску до 170 МПа в зоні розтягу і при всіх кутах положення робочого обладнання відносно осі повздовжньої осі крана НДС рами найбільшим є в зоні ОПП. При цьому найбільшу навантаженість металокопструкція ходової рами відчуває за положення стріли $\varphi = \pm 90^\circ$, а навантаження на передній міст автомобіля коливається в межах 16...20% від всього навантаження на опорний контур крана.

Аналіз напруженого стану ходової рами при характерних режимах навантаження показує, що максимальні напруження в рамі отримані при довжині стріли 9,7 м, вильоті стріли 3,8 м і масою вантажу, що піднімається 16 т. Вантажний момент дорівнює 608 кН·м. Напруження в ходовій рамі при даному вантажному моменті представлені в таблиці 2.

Розмірності напружень в таблиці дані в МПа, а кут нахилу головних напруження (α) в градусах. За результатами цих даних побудовані графіки, які засвідчують складний характер і величину зміни параметрів.

Таблиця 2.

Визначення напруженого стану при характерних режимах навантаження

Номер розетки	Кути розміщення стрілового обладнання відносно повздовжньої осі крана																							
	-90°								-45°								0°							
	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	55	-36	28	80	46	-13	34	39	-4	-29	34	27	13	-21	-12	12	-9	-17	9	15	4	-9	-12	1
2	95	16	-27	88	39	32	79	-32	8	-25	-35	30	17	-14	-3	-16	-10	-26	36	23	8	-20	-15	8
3	-25	-45	-40	41	12	-38	-34	-11	-27	-28	45	27	1	-27	-28	0	-13	-18	-35	16	2	-16	14	-2
4	39	-70	-41	95	54	-27	-9	-59	-5	-42	44	40	19	-24	-29	19	-13	20	-13	18	4	-20	-13	2
5	39	-58	45	93	53	-16	-13	53	-7	-46	30	43	20	-37	-17	17	-13	-24	10	21	5	-24	-13	2
6	-1	-36	35	17	18	-24	-12	17	13	-59	-41	66	36	-27	-18	-36	26	-38	30	56	32	-22	10	28
8	-29	56	33	49	14	-48	-37	13	-49	-58	34	54	4	-55	-52	4	-10	-16	41	14	3	-13	13	3
9	-24	57	-41	49	16	-42	-38	-16	-39	-54	25	49	8	-51	-42	6	-9	-14	29	12	2	-13	-10	2
10	-97	-376	-24	338	139	-329	-144	-104	-96	-207	-20	179	55	-193	-110	-37	-63	-64	22	64	1	-64	63	0
11	17	-53	40	64	35	-24	-12	-35	-3	-17	36	16	7	-12	-8	7	-4	-11	27	10	3	-10	-6	3
12	39	-13	19	48	26	-8	34	16	16	-23	31	35	20	-12	6	18	2	-13	-42	15	8	-6	-5	-8
13	24	-21	-10	39	23	-20	23	-8	-8	-32	6	28	12	-31	-8	3	-16	-76	-32	69	30	-59	-33	-27
14	-1	-88	-27	87	43	-70	-19	-35	-22	-104	-20	95	41	-99	-32	-27	9	-68	-43	72	38	31	-27	39

Продовження таблиця 2.

Номер розетки	45°								90°								135°							
	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}	σ_1	σ_2	α	σ_{np}	τ_{max}	σ_x	σ_y	τ_{xy}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	18	-21	-36	24	24	-15	-24	-31	-31	5	35	27	51	5	35	-37	-103	-32	21	102	16	5	25	44
2	-21	-62	-5	52	16	-59	-21	-5	-100	31	-15	75	47	-27	-39	-21	-6	-43	25	90	22	14	27	54
3	13	-22	22	19	1	-20	-12	-14	-22	-34	43	115	41	-30	10	-19	-21	-25	33	125	13	24	-21	45
4	10	-13	-38	53	31	25	-10	-31	64	-23	-43	135	38	-20	-21	88	78	-45	-35	183	32	-21	20	-93



5	-1	33	21	36	23	-22	-5	19	51	-62	27	105	39	-37	38	40	85	-62	27	178	74	-34	54	67
6	72	25	-43	63	23	41	50	-23	51	-39	6	14	92	-32	30	10	55	-34	3	77	44	-37	94	71
8	-17	-45	42	35	14	-32	-30	14	-39	-91	41	79	26	-65	61	33	39	-58	43	80	28	-67	53	24
9	-32	-67	-13	33	14	-54	-31	-6	-77	-104	-10	172	43	-101	-71	-15	-34	-134	-40	100	169	54	-87	-20
10	33	-69	-27	90	31	-48	18	-41	-138	77	-27	256	143	-18	149	-116	238	-73	-27	238	156	-9	-17	-26
11	21	-42	20	36	7	41	-31	5	64	107	1	93	22	-107	-64	1	-85	-156	-21	127	30	-26	85	30
12	-28	-66	32	59	20	-97	-39	18	61	-103	35	142	51	72	-26	48	-56	172	34	157	32	-34	55	53
13	-24	134	-22	129	55	-118	-40	-39	-34	-141	-22	128	53	-135	-60	39	-21	-104	37	57	42	-96	37	27
14	-87	-105	18	133	34	-148	-99	21	-87	-139	14	121	26	-131	-91	12	-75	100	33	40	32	99	26	14

Найбільші напруження отримані в локальних точках, де розташовані тензорозетки: 10; 15; 17; 26; 29. Максимальні головні напруження (σ_1, σ_2) мають місце, також як і від ваги робочого обладнання, при перпендикулярному положенні стрілового обладнання щодо поздовжньої осі крана $\varphi = \pm 90^\circ$ і коливаються в межах від -376 МПа до 237 МПа. Найбільше приведені напруження дорівнює $\sigma_{пр} = 338$ МПа.

Максимальне дотичне напруження має величину $\tau_{max} = 156$ МПа. Аналіз величин зміни кута нахилу і відношення головних напружень показує, що напружений стан ходової рами в зоні установки ОПП є двовісним. Від дії вантажного моменту в залежності від кута повороту стріли відбувається перерозподіл напруження.

Напружений стан на передній поперечній балці рами, де розташована тензорозетка 2, по величині майже не змінився у порівнянні з навантаженнями даної тензорозетки від ваги робочого обладнання.

Висновки:

1. Напружений стан ходової рами коливається в межах від -127 МПа в області стиснення, до 160 МПа в області розтягування;
2. При всіх кутах положення робочого обладнання щодо поздовжньої осі крана, напружений стан ходової рами в зоні опорно-поворотного пристрою є найбільшим і найбільше навантаження металокопункції ходової рами зафіксовано при положенні стріли $\varphi = \pm 90^\circ$.
3. Найбільше напруження в ходовій рамі від ваги робочого обладнання та від дії вантажного моменту при статичних і динамічних дослідженнях зафіксоване у зоні спірання опорно-поворотного круга на раму і сягає величини 338 МПа.

Література

1. Андриенко Н. Н., Хасилев П. В. Пути оптимизации проектирования опорных металлоконструкций самоходных кранов // Строительные и дорожные машины, 1986. № 2. С. 24.
2. Андриенко Н. Н., Хасилев П. В., Сергеев С. Т. Нагрузки на четырехопорный контур крана и влияние на них податливости рамы // Строительные и дорожные машины, 1989. № 11. С. 22 – 23.
3. Казанский А. М. Особенности установки и соединения опорно-поворотных кругов с рамами строительных машин. – Сб. «Строительные и дорожные машины». Вып. 4. М., ЦНИИТЭстроймаш, 1971. С. 9 – 15.
4. Kunststoffunterfütterung für Grobwalzlager. Rothe Erde Grobwalzlager, Information Technic, 1971, N 2.
5. Bargmann E. Einrichtung bei einer zweireihigen, zur Aufnahme von Kippkräften bestimmten Kugeldrehverbindung für Bagger und Krane. Патент ФРГ №1708558, 1968.
6. Бельский Д. М., Ряднов В. Г. О законе распределения предельных напряжений // Проблемы прочности, 1974. № 4. С. 73 – 76.
7. Казак С. А. Расчет усталостного ресурса крановых деталей на стадии проектирования // Изв. Вузов. Горный журнал. 1992, № 12. С. 83 – 89.
8. Ряхин В. А. Прогнозирование ресурса металлических конструкций строительных и дорожных машин // Строительные и дорожные машины. 1994. № 4. С. 24 – 27.

УДК 693.61:69.059.25

*В. І. Терновий, к.т.н., проф., КНУБА,
О. С. Молодід, інж. КНУБА*

ЗАЛЕЖНІСТЬ ПОКАЗНИКІВ РЕСТАВРАЦІЙНОЇ ЦЕМ'ЯНКОВОЇ ШТУКАТУРКИ ВІД СТАНУ ОСНОВИ

АНОТАЦІЯ. У статті наведено результати досліджень впливу наявності ґрунтовки, площі контактної шару та вологості основи на створення тріщин, міцність на стиск, міцність зчеплення з основою та пористість запропонованої реставраційної цем'янкової штукатурки.

Ключові слова: реставрація, цем'янкова штукатурка, шар ґрунтовки, площа контактної шару, вологість цегли, фізико-механічні показники штукатурки.

АННОТАЦИЯ. В статье приведены результаты исследований влияния наличия грунтовки, площади контактного слоя и влажности основания на создание трещин, прочность на сжатие, прочность сцепления с основанием и пористость предложенной реставрационной цементной штукатурки.

Ключевые слова: реставрация, цементная штукатурка, слой грунтовки, площадь контактного слоя, влажность кирпича, физико-механические показатели штукатурки

SUMMARY. The results of studies of the impact the presence of a primer, the area of contact layer and moisture basis to create cracks, compressive strength, the strength of adhesion to the base and the porosity of the proposed restoration tsemyankovoyi plaster.

Keywords: restoration, tsem'yankova plaster, primer, the area of contact layer, moisture bricks, mechanical plaster properties.

Постановка проблеми. При реставрації штукатурки визначних пам'яток архітектури Х-ХІІІ ст. виникають труднощі з відтворенням автентичного матеріалу – цем'янкової штукатурки. Саме тому, авторами було досліджено та запропоновано цем'янкову розчинну суміш [1]. Лабораторні дослідження цього матеріалу показали, що його експлуатаційні показники відповідають вимогам, установленим Європейською асоціацією реставраторів [2], про те, при улаштуванні штукатурки ці показники можуть змінюватись. Аналіз науково-технічної літератури дав змогу виявити технологічні чинники [3], які можуть впливати на властивості штукатурки при її влаштуванні. До таких чинників відносяться: водов'язуче відношення, тривалість перемішування розчинної суміші при її приготуванні, вологість основи, ґрунтування основи, розмір площі контактної шару, спосіб ущільнення, тривалість витримання розчину в опалубці.

Ціль цієї статті – викладення результатів дослідження впливу стану основи – наявності ґрунтовки, розміру площі контактної шару та вологості основи на створення тріщин на поверхні запропонованої цем'янкової штукатурки, на міцність штукатурки на стиск, пористість та міцність зчеплення з основою.

Виклад основного матеріалу. Комплексний експеримент з виявлення впливу стану основи на фізико-механічні показники цем'янкової штукатурки виконано вісімнадцятьма серіями, у яких по чергово змінювали значення технологічних чинників, які характеризують стан основи.

У лабораторних умовах цегляну стіну ми моделювали окремими 54-ма цеглинами, витриманими при температурі 18 – 20° С і вологості повітря близько 50 % упродовж декількох місяців. На кожні три цеглини, поверхні яких були підготовлені одним із вісімнадцяти можливих способів, наносили штукатурний шар відливанням розчинної суміші в опалубку-бортоснастку, розміром 250 x 120 мм.

Основу для штукатурки готували наступним чином. Першого дня на половину цеглин нанесли ґрунтовку Ceresit СТ 17, а іншу половину цеглин не ґрунтували. На другий день неогрунтовану і огрунтовану цеглу розділили на три частини. На першій третині цеглин не наносили контактний шар, на другій третині цеглин наносили контактний шар, який займав 50 % площі, а в останній третині цеглин контактний шар займав 100 % площі відведеної під штукатурення (250 x 120 мм). Наступного дня, безпосередньо перед влаштуванням штукатурного шару, основу (поверхню



відібраних певним чином третини цеглин) зволожували до 5,0 % (суха) або 12 % (волога), або 45 % (мокра). У результаті у кожному із вісімнадцяти дослідів стан основи був різний, що відображено у лівій стороні таблиці 1.

Таблиця 1.

Фізико-механічні показники цем'янової штукатурки при різній підготовці основи

№ серії дослідів	Стан основи			Фізико-механічні показники штукатурки:			
	наявність ґрунтовки є / немає	площа контактного шару, %	вологість основи, %	наявність та ширина розкр. тріщин, мм	міцність на стиск, МПа	міцність зчеплення з основ., МПа	пористість, %
1	2	3	4	5	6	7	8
1	немає	0	5,0	відсутні	-	відсутня	-
2	немає	50	5,0	1,8	-	-	-
3	немає	100	5,0	1,1	-	-	-
4	немає	0	12,0	1,4	-	-	-
5	немає	50	12,0	1,3	-	-	-
6	немає	100	12,0	1,2	-	-	-
7	немає	0	45,0	відсутні	2,11	0,200	43,5
8	немає	50	45,0	відсутні	1,89	0,400	47,9
9	немає	100	45,0	відсутні	1,73	0,360	49,4
10	є	0	5,0	1,2	-	-	-
11	є	50	5,0	0,1	-	-	-
12	є	100	5,0	0,1	-	-	-
13	є	0	12,0	відсутні	1,92	0,220	48,0
14	є	50	12,0	відсутні	1,85	0,441	48,7
15	є	100	12,0	відсутні	1,90	0,240	46,1
16	є	0	45,0	відсутні	1,91	0,250	47,9
17	є	50	45,0	відсутні	1,71	0,462	49,2
18	є	100	45,0	відсутні	1,84	0,430	48,8
Вимоги нормативних документів				відсутні	1,5-5	> 0,4	> 45

Через день після формування штукатурки бортоснастка знімали з оштукатурених цеглин і оглядали штукатурку на наявність тріщин. Такий огляд робили періодично протягом 28 діб. Результати огляду наведено в табл. 1, графа 5.

У дослідях №№ - 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12 були виявлені тріщини з різною шириною розкриття. Тріщини з'явилися у штукатурці влаштованій на неогрунтованих сухих та вологих основах, з вологістю 5,0 % або 12,0 % відповідно, а також на огрунтованих сухих основах з вологістю 5,0 % незалежно від наявності та розміру площі контактної шару. Штукатурки з тріщинами не придатні для використання, а тому їх фізико-механічні показники ми не визначали.

Окремо слід відмітити дослід № 1, у якому основу не ґрунтували, контактний шар на основу не наносили і суху основу перед влаштуванням штукатурки не зволожували (вона мала вологість 5,0 %). У цьому досліді штукатурка не потріскалась, а відшарувалась єдиним пластом, розміром 250 x 120 мм, від цеглини. У табл. 1, графа 7 відмічено, що міцність зчеплення з основою у зразках штукатурки досліді № 1 «відсутня», отже ця штукатурка до практичного застосування також не придатна.

Результати досліджень наведені у табл. 1, свідчать, що із дев'яти дослідів (№№ 1 – 9), в яких відсутня ґрунтовка основи лише у трьох досліді (№№ 7 – 9), у штукатурці немає тріщин. При ґрунтуванні основи (досліді №№ 10 – 18) із дев'яти дослідів відсутні тріщини в шести (№№ 13 – 18). Отже, на якість штукатурки ґрунтування основи впливає суттєво. Без ґрунтування основи штукатурка не тріскається тільки на мокрих (45 % вологості) основах, а з ґрунтуванням основи штукатурка без тріщин можлива як на мокрих (45 %) так і на вологих (12 %) основах. Це можна пояснити тим, що ґрунтовка не дає цеглі швидко забрати із незатверділої штукатурки воду, а тому в ній не проявляється усадка і не утворюються тріщини. Це також підтверджується утворенням тріщин на сухій (5,0 %) і вологій (12,0 %) цеглі (досліді №№ 2-6), та на сухій (5,0 %) навіть проґрунтованій цеглі, а на мокрій (45,0 %) цеглі (досліді №№ 7 – 9; 16 – 18) тріщин у штукатурці

немає. Штукатурка також не має тріщин при її влаштуванні на вологій (12 %) прогрунтованій цеглі (досліди №№ 13 – 15).

Для зразків штукатурок, які не тріскались нами були визначені фізико-механічні показники. Загальною тенденцією є те, що при збільшенні пористості міцність на стиск штукатурки зменшується. Міцність на стиск у всіх дев'яти дослідах більше 1,5 МПа, що задовольняє вимоги норм [2]. Пористість штукатурки, за винятком зразків досліду № 7, більша 45 % і також задовольняє вимоги норм. Міцність зчеплення з основою лише у чотирьох дослідах (виділених жирним шрифтом у табл. 1) рівна і більша 0,4 МПа (дослід №№ 8, 14, 17, 18).

Результати дослідів також свідчать про те, що крім ґрунтовки на фізико-механічні показники впливають наявність контактного шару штукатурки та ступінь зволоження основи перед влаштуванням штукатурки.

У таблиці 2 представлені фізико-механічні показники штукатурки, в якій не було тріщин. Результати дослідів нами згруповані за ознакою рівності площі контактної шару: перша група – 0 %; друга – 50 %; третя – 100 %.

Таблиця 2.

Фізико-механічні показники цем'янової штукатурки, згруповані за розміром площі контактної шару

№ серії дослідів	Стан основи			Фізико-механічні показники штукатурки:		
	площа контактної шару, %	наявність ґрунтовки є / немає	вологість основи, %	міцність на стиск, МПа	міцність зчеплення з основ., МПа	пористість, %
1	2	3	4	5	6	7
7	0	немає	45,0	2,11	0,200	43,5
13	0	є	12,0	1,92	0,220	48,0
16	0	є	45,0	1,91	0,250	47,9
8	50	немає	45,0	1,89	0,400	47,9
14	50	є	12,0	1,85	0,441	48,7
17	50	є	45,0	1,71	0,462	49,2
9	100	немає	45,0	1,73	0,360	49,4
15	100	є	12,0	1,90	0,240	46,1
18	100	є	45,0	1,84	0,430	48,8
Вимоги нормативних документів				1,5 – 5	>0,4	>45

Представлення експериментів за такою формою свідчить, що при відсутності контактної шару міцність зчеплення штукатурки з основою не задовольняє нормативні вимоги (досліди №№ 7, 13, 16). Наявність контактної шару, який накриває 50 % площі штукатурення гарантує необхідні значення фізико-механічних показників штукатурки, якщо основа перед цим була прогрунтована, а перед влаштуванням штукатурного шару була зволожена до 12,0 % - 45,0 % (досліди № 14 та № 17). Навіть при відсутності ґрунтування значення фізико-механічних показників будуть задовільні, якщо основа буде мокра, тобто зволожена до 45 % (дослід № 8).

Експеримент показав, що при відсутності контактної шару на неогрунтованій основі з вологістю 45 % пористість штукатурки не задовольняє нормативні вимоги (дослід № 7). Про те, якщо площу контактної шару збільшити до 50 %, тоді показник пористості збільшиться на 10,1 % і складе 47,9 %, що на 6,4 % більше за рекомендоване значення (> 45 %). А якщо контактний шар збільшити до 100 % площі основи, то пористість досягне позначки показника в 49,4 %, що на 13,5 % вище у порівнянні зі зразками штукатурки виготовленими на основі без контактної шару.

Якщо поверхня основи заґрунтована та має вологість 12 %, то показники пористості змінюються в межах від 46,1 % до 48,7 %, при зміні площі контактної шару з 0 % до 100 % відповідно. За цих умов пористість задовольняє нормативні вимоги (> 45 %).

На зразках штукатурки, виготовлених на заґрунтованій цегляній основі вологістю 45 %, пористість коливається в межах від 47,9 % до 49,2 %, при зміні площі контактної шару з 0 % до 100 % і в усіх випадках задовольняє вимоги (> 45 %).

За результатами експериментів ми побудували графіки зміни пористості штукатурки (при різних станах підготовки основи) в залежності від відносної площі контактної шару (рис.1). Ці залежності апроксимовані математичними функціями.

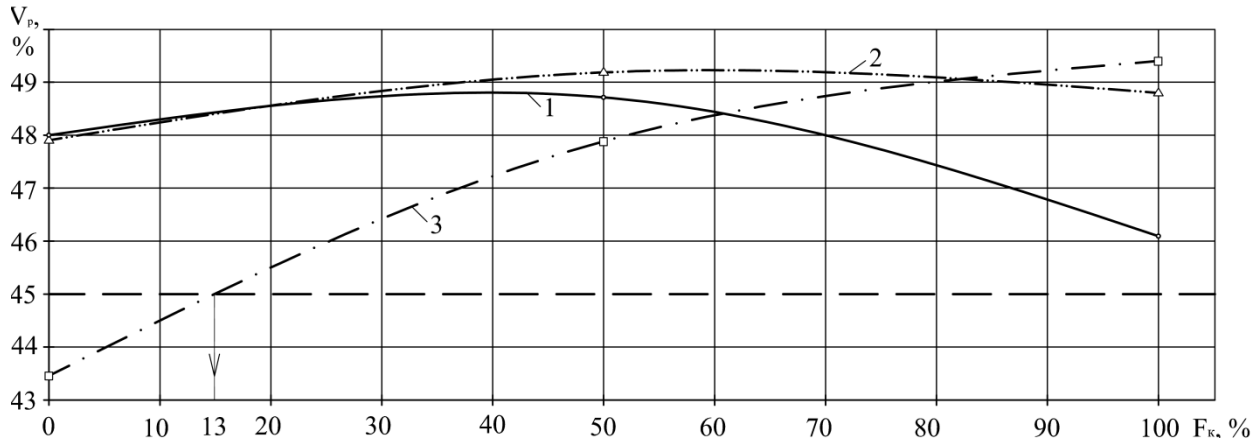


Рисунок 1. Графіки залежності пористості від площі контактної поверхні при різному стані основ: 1 – неогрунтована основа вологістю 45 %; 2 – загрунтована основа вологістю 12 %; 3 – загрунтована основа вологістю 45 %. --- нижня межа рекомендованого значення пористості (45 %).

Отже, пористість штукатурки змінюється в залежності від площі контактної поверхні за наступними математичними залежностями:

- при неогрунтованій мокрій основі (вологістю 45 %):

$$V_p = -5,8 \left(\frac{F_k}{100\%} \right)^2 + 11,7 \frac{F_k}{100\%} + 43,5 \quad (1)$$

де V_p – пористість штукатурки;

F_k – площа контактної поверхні;

- при загрунтованій вологій основі (вологість 12 %):

$$V_p = -6,6 \left(\frac{F_k}{100\%} \right)^2 + 4,7 \frac{F_k}{100\%} + 48,0 \quad (2)$$

- при загрунтованій мокрій основі (вологість 45 %):

$$V_p = -3,4 \left(\frac{F_k}{100\%} \right)^2 + 4,3 \frac{F_k}{100\%} + 47,9 \quad (3)$$

Підставивши у рівняння (1, 2, 3) значення пористості штукатурки $V_p = 45\%$ ми установили інтервали необхідного значення площі основи, накритої контактним шаром, у відсотках до загальної площі штукатурення, для основ підготовлених певним чином, в яких пористість буде 45 % і більше, що задовольнятиме вимоги норм [2] (табл. 3).

Таблиця 3.

Інтервали значень площі контактної поверхні, при яких пористість штукатурки 45 % і більше

№ п/п	Спосіб підготовки основи		Рекомендований інтервал значень площі контактної поверхні (%)
	Наявність ґрунтовки, є / немає	Вологість основи, %	
1	немає	45	від 13 до 100
2	є	12	від 0 до 100
3	є	45	від 0 до 100

Експеримент, також, засвідчив, що збільшення площі контактної поверхні до 100 % зменшує величину міцності зчеплення штукатурки з основою до недопустимих значень у випадку відсутності ґрунтовки навіть при вологості основи 45 % (дослід № 9), та при наявності ґрунтовки, але з вологістю основи 12 % (дослід № 15). Порівнявши результати дослідів № 18 та № 17 було виявлено, що при площі контактної поверхні 100 % міцність зчеплення штукатурки з основою менша (0,430 МПа проти 0,462 МПа) на 7 % ніж при площі контактної поверхні 50 %.

За результатами експериментів ми побудували графіки зміни міцності зчеплення штукатурки з основою (при її різних станах підготовки) в залежності від відносної площі контактної поверхні (рис. 2). Ці залежності апроксимовані математичними функціями.

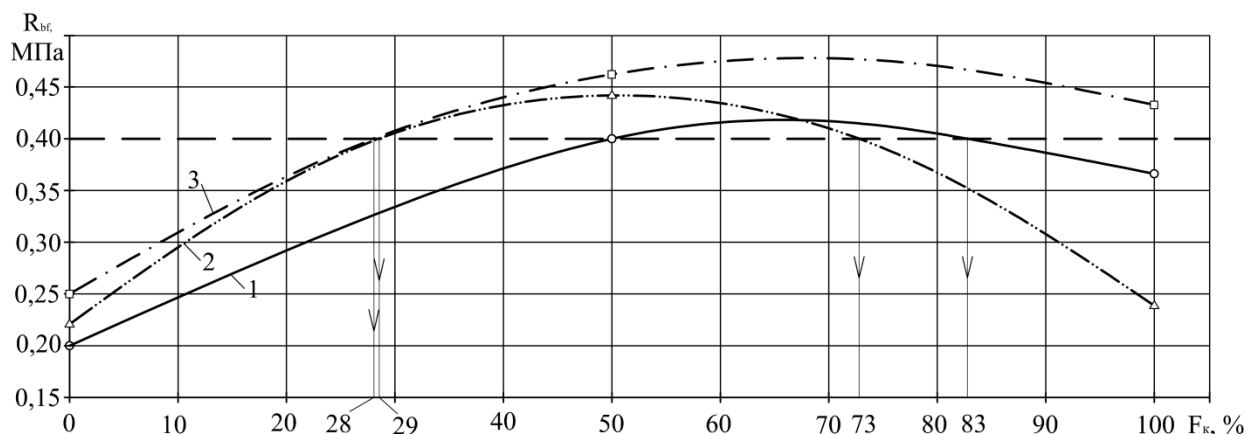


Рисунок 2. Графіки залежності міцності зчеплення штукатурки з основою від площі контактної сфери при різному стані основ: 1 – неоґрунтована основа вологістю 45 %; 2 – заґрунтована основа вологістю 12 %; 3 – заґрунтована основа вологістю 45 %; - - - нижня межа рекомендованого значення міцності зчеплення з основою.

Отже, міцність зчеплення штукатурки з основою змінюється в залежності від площі контактної сфери за наступними математичними залежностями:

- при неоґрунтованій мокрій (вологість 45 %) основі:

$$R_{bf} = -0,48 \left(\frac{F_k}{100\%} \right)^2 + 0,64 \frac{F_k}{100\%} + 0,2 \quad (4)$$

де: R_{bf} – міцність зчеплення штукатурки з основою;

F_k – площа контактної сфери;

- при заґрунтованій вологій (вологість 12 %) основі:

$$R_{bf} = -0,84 \left(\frac{F_k}{100\%} \right)^2 + 0,86 \frac{F_k}{100\%} + 0,22 \quad (5)$$

- при заґрунтованій мокрій (вологість 45 %) основі:

$$R_{bf} = -0,48 \left(\frac{F_k}{100\%} \right)^2 + 0,66 \frac{F_k}{100\%} + 0,25 \quad (6)$$

Підставивши у рівняння (4, 5, 6) значення міцності зчеплення з основою $R_{bf} = 0,4$ МПа ми установили інтервали необхідного значення площі основи накритої контактним шаром у відсотках до загальної площі штукатурення, для основ підготовлених певним чином, в яких міцність зчеплення буде 0,4 МПа і більше, що задовольнятиме вимоги норм (табл. 4).

Таблиця 4.

Інтервали значень площі контактної сфери, при яких міцність зчеплення штукатурки з основою 0,4 МПа і більше

№ п/п	Спосіб підготовки основи		Рекомендований інтервал значень площі контактної сфери, %
	Наявність ґрунтовки, є / немає	Вологість основи, %	
1	немає	45	від 50 до 83
2	є	12	від 29 до 73
3	є	45	від 28 до 100

Висновки.

1. На функціональну якість реставраційної цем'янової штукатурки значний вплив має спосіб підготовки основи, зокрема ґрунтування основи, наявність контактної сфери, а також вологість основи.

2. Штукатурка має необхідну пористість (>45 %) і міцність на стиск (1,5 – 5 МПа) при ґрунтованій основі з вологістю від 12 % до 45 %. При неоґрунтованій основі необхідна пористість досягається при вологості основи 45 % та наявності контактної сфери на площі 50 – 100 %, а міцність на стиск при вологості основи 45 % незалежно від наявності чи відсутності контактної сфери.



3. Необхідну пористість (>45 %) та міцність зчеплення з основою (0,4 МПа) при улаштуванні цем'янової реставраційної штукатурки можна досягти при умові, що контактний шар покриває:

- від 50 до 83 % площі штукатурення при вологості основи 45 % без її ґрунтування;
- від 29 до 73 % площі штукатурення при вологості ґрунтованої основи 12 %;
- від 28 до 100 % площі штукатурення при вологості ґрунтованої основи 45 %.

Література

1. Терновий В. І. Дослідження складу реставраційної цем'янової штукатурки / В. І. Терновий, Р. Б. Гуцуляк, О. С. Молодід // Теорія і практика будівництва. – Київ: КНУБА. – 2011. Вип.7.
2. WTA Merkblatt 2-2-91/D. Sanierputzsysteme. Deutsche Fassung. Stand Juli 1992 (Vorversion): Wissenschaftlich-Technische Arbeitsgemeinschaft für Bauwerkserhaltung und Denkmalpflege e.V. – WTA-, München;1992, 9 S. (<http://www.wta.de/>).
3. Молодід О. С. Виявлення технологічних чинників, які впливають на експлуатаційні показники штукатурок / Молодід О. С. // Сучасні технології, матеріали і конструкції у будівництві. – Вінниця : Універсум-Вінниця. – 2012. – № 1.
4. Терновий В. І. Дослідження впливу технологічних чинників на основні показники цем'янової штукатурки / В. І. Терновий, О.С.Молодід / Вісник ОДАБА. – Одеса : «Зовнішрекламсервіс». – 2012. – Вип. 47.



ПРАВИЛА ПІДГОТОВКИ РУКОПИСІВ

1. В журналі друкуються наукові роботи за розділами: фундаментальні основи будівельної, гірничої і дорожньої техніки; механізація трудомістких робіт; нова будівельна, дорожня і гірнична техніка (вітчизняна і закордонна); автоматизація, комп'ютеризація і модернізація технологічних процесів і машин в цивільному, промисловому, дорожньому і меліоративному будівництві; стандартизація, експлуатація і ремонт будівельної, гірничої і дорожньої техніки; аварійно-рятувальна і інженерна техніка; основні законодавчі акти і постанови відносно цього переліку.
2. Матеріали статті, що представляють в редакцію, повинні мати: супровідний лист керівництва організації; рекомендацію відповідного підрозділу (завірену виписку з протоколу засідання кафедри); експертний висновок про можливість опублікування, оформлений в організації, звідки виходить рукопис; дозвіл Держпатенту на відкриту публікацію матеріалів по заявці на винахід; рецензію на статтю; реферат, в якому коротко викладений основний зміст рукопису (обсягом до 0,5 стор. тексту); дискету 1,44" з файлом статті (в тому числі рисунків, таблиць тощо). Стаття повинна бути відредагована і підписана всіма авторами із зазначенням дати відправки статті, точної поштової адреси і контактного телефону, e-mail (за наявності).
3. Редакція приймає рукописи у 2-х примірниках обсягом до 7 стор., включаючи літературу, що містить до 10 найменувань. Кількість ілюстрацій і таблиць за площею не повинна перевищувати 30 % від загального обсягу статті. Текст рукопису виконують на комп'ютері в форматі MS Word шрифтом Times New Roman Суг розміром 12 з інтервалом 1; розмір назв рисунків, таблиць і літератури 11. Відступи від краю аркуша до тексту: зверху 25, зліва 20, справа 20, знизу 20, абзацний 10.
4. В заголовку статті (в лівому куті) вказують УДК, рядком нижче (похилим шрифтом) – ініціали та прізвища авторів, їх наукові ступені і вчені звання (звання в недержавних академіях не вказують); назву статті дають по центру рядка (великими буквами прямим жирним шрифтом).
5. Звертаємо увагу авторів, що відповідно до Постанови Президії ВАК України від 15.01.2003 р. №7-05/1 "Про підвищення вимог до фахових видань, внесених до переліків ВАК України" статті повинні мати наступні структурні елементи: постановка проблеми та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз основних досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які спирається автор; виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття; формулювання цілей статті; виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямку.
6. Ілюстративний матеріал виконується за допомогою графічних процесорів або шляхом сканування фотографій чи рисунків, виконаних тушшю. Рисунки, виконані за допомогою вбудованого у Word графічного редактора, не приймаються. Розмір ілюстрацій не більше 18×25 см. Ілюстрацій вставляють в текст без зв'язків із файлами-оригіналами.
7. Необхідно уникати застосування громіздкого математичного апарату. Формули в тексті набирають у Microsoft Equation 3 (розміром 12-7-5-16-12). Змінні, що позначаються латинськими літерами, друкуються курсивним шрифтом. Змінні, що позначаються символами грецької абетки або кирилиці, а також індекси слід подавати прямим шрифтом. Нумерація формул – по правому краю.
8. Посилання на літературу дають у квадратних дужках; бібліографічний опис – згідно з вимогами держстандарту (приклади подані в Бюлетені ВАК України, № 2, 2000, С.61-62). В список вносять тільки опубліковані роботи.
9. Рукописи, не прийняті до опублікування, авторам не повертаються. Редакція має право скорочувати і вносити редакційні зміни тексту рукописів. Коректура статей авторам не надається. Гонорар за опубліковані статті не виплачуються. Рукописи, що не задовольняють перерахованим вимогам, до розгляду не приймаються.

Наукове видання

ТЕХНІКА БУДІВНИЦТВА
Науково-технічний журнал

Випуск 28

Підписано до друку
Умовн. друк. арк. 12.04
різогр.

Формат 60×84 1/8

Папір офсетний. Друк

Обл.-вид. арк. 12.5

Тираж 200. Зам. №

Адреса редакції: 03037, м. Київ, Повітрофлотський просп., 31, т. 241-5447, т/ф. 252-4214