Науково-технічний журнал

Свідоцтво про державну реєстрацію
КВ №1250 від 17.02.95 р.

Теорія і практика будівництва

№5, 2009

Засновники:
Українська академія наук,
Київський національний університет будівництва і архітектури

Редакційна колегія:

Бойко І.П., д.т.н;
Друкований М.Ф., д.т.н.;
Дудар І.Н., д.т.н.;
Дьомін М.М., д.арх.;
Єсипенко А.Д., д.т.н.;
Карапузов Є.К., к.т.н. (Заст. головн. ред.);
Кіслов В.В., д.т.н.;
Лівінський О.М., д.т.н.;
Менейлюк О.І., д.т.н.;
Назаренко І.І., д.т.н. (Головн. редактор);
Оніпко О.Ф., д.т.н.;
Ратушняк Г.С.; к.т.н.;
Сабалдир В.П., к.т.н.;
Савицький М.В., д.т.н.;
Смірнов В.М., к.т.н.;
Снісаренко В.І., д.т.н. (Заст. головн. ред.);
Соха В.Г., к.т.н.;
Терновий В.І., к.т.н. (Відповід. секретар);
Тугай А.М., д.т.н.;
Черненко В.К., д.т.н.

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

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

ЗМІСТ:

Назаренко І.І., Баранов Ю.О., Басараб В.А.
Вибір та обгрунтування критеріїв ефективної роботи вібросистеми в умовах взаємодії з оброблюваним середовищем……2

Гущин В.М., Гущин О.В.
Управление и интенсификация процессов пневматического транспортирования сыпучих материалов струйным воздействием воздушного потока……5

Смірнов В.М., Головань В.П.
Обертальник бурильного обладнання з дебалансним вібратором просторової дії……14

Доненко В.І.
Оновлення методології планування освоєння об'єктів будівництва з урахуванням раціонального розподілу організаційно-технологічного навантаження між підрозділами будівельних організацій…….....17

Голубничий А.В.
Особливості властивостей бетонів на цементах з залізовмісними шлаками……23

Лівінський О.М., Євтушенко В.А.
Розробка методики розрахунку нормативів і потреб в засобах малої механізації на річну програму робіт будівельних організацій ……29

Забродський М.М.
Системне моделювання проектного розрахунку роторних бетонозмішувачів примусової дії……33

Назаренко І.І., Міщук Є.О.
Аналіз кінематики щокової дробарки……39

Орищенко С.В.
Оцінка та аналіз конструктивних і технологічних параметрів грохота……44

Пиляєв Р.С.
Методика дослідження та обробка інформації для оцінки надійності роботи вантажопідіймальної техніки…..48

Теренчук С.А., Єременко Б.М., Журибеда Д.Б.
моделі і методи оцінки ризиків в інвестиційних будівельних проектах в умовах невизначеності……51

Молодід О.О.
характеристика загроз економічної безпеки будівельного підприємства……56

© Теорія і практика будівництва, 2009

УДК 693.542.52-868

Назаренко І.І., Баранов Ю.О., Басараб В.А.[1]

ВИБІР ТА ОБГРУНТУВАННЯ КРИТЕРІЇВ ЕФЕКТИВНОЇ РОБОТИ ВІБРОСИСТЕМИ В УМОВАХ ВЗАЄМОДІЇ З ОБРОБЛЮВАНИМ СЕРЕДОВИЩЕМ

Вступ. Постановка задач досліджень. В умовах проектування ударно-вібраційних машин для ущільнення будівельних сумішей однією з найважливіших задач є оцінка характеру та величини енергії, що передається від робочого органу до середовища та визначення раціональних параметрів машини та середовища, що забезпечують даний процес. Основним критерієм ефективності роботи машини є максимальна передача енергії від робочого органу до середовища за умов мінімальних непродуктивних витрат енергії, мінімально можливої тривалості циклу, отримання виробу високої якості а також збереження високої надійності машини. Проте, слід зазначити, для представлення повної фізичної картини необхідно також врахувати крутизну фронту динамічного навантаження а також несиметричність динамічної петлі гістерезису відносно осей координат [4]. Для проведення досліджень використано метод динамічної петлі гістерезису (ДПГ) [4].

При проведенні досліджень у відповідності з методикою[1,2,3] реєструвались наступні параметри:

- амплітуда коливань шарів суміші.
- динамічний тиск в контактній зоні "форма-суміш" та в шарах суміші.

Вихідні дані [2]: вантажопідйомність лабораторної віброплощадки-200 кг (робочий орган+форма-120кг, маса бетону-80кг), частота коливань-ω=20Гц, амплітуда коливань (напіврозмах)-X=0,75мм.

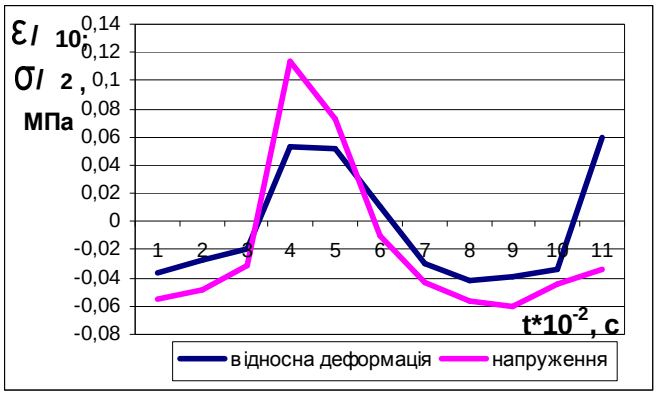


Рис.1. Запис зміни напруження та відносної деформації за цикл ущільнення.

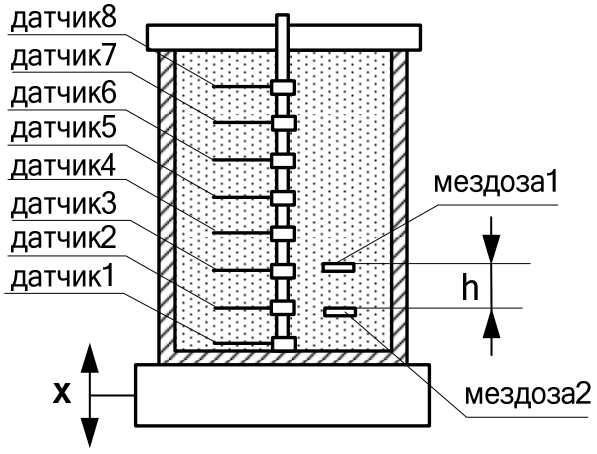


Рис. 2. Схема встановлення датчиків.

Встановлення датчиків тиску та переміщення в форму здійснювалось за схемою (рисунок2). Один датчик тиску (мездоза1) встановлювався на дні форми і закріплявся жорстко, інший датчик (мездоза2) встановлювався вільно на деякій висоті при завантаженні суміші. Датчики переміщення шарів суміші встановлювались на спеціальному, жорстко закріпленому в формі, штативі.

За отриманими значеннями напруження та відносної деформації побудовано динамічну петлю гістерезису (рисунок 3). Для аналізу отриманий графік умовно розділимо на ділянки: A-B, B-C та C-D.

Ділянка A-B – відбувається випереджаючий ріст напруження по відношенню до відносної деформації, напруження σ досягає максимуму в точці B. На даному етапові відбувається плавне наростання тиску майже за лінійним законом (пружна деформація) з переходом в зону

2 [1] Назаренко І.І., д.т.н., професор КНУБА; Баранов Ю.О., к.т.н., доцент КНУБА; Басараб В.А., інженер КНУБА.

пластичної деформації.

Ділянка B-C – відбувається випереджаюче зростання відносної деформації по відношенню до напруження, відносна деформація ε досягає максимуму в точці С. На даній ділянці відбувається перехід від етапу навантаження до розвантаження шару суміші.

Ділянка C-D – відбувається падіння напруження та відносної деформації, іде процес розвантаження.

Слід зазначити, що в процесі віброущільнення відбувається зменшення площі ДПГ а також зміна її форми. На нашу думку, цей факт можна пояснити релаксаційними коливаннями тиску та відносної деформації з частотою відмінною від частоти коливань установки а також накладанням коливань форми. Оскільки площа петлі гістерезису є робота, що витрачається на ущільнення елементарного об'єму суміші, тому, стає зрозумілим, на початку циклу відбувається активне поглинання віброенергії середовищем і, як наслідок, зміна площі ДПГ.

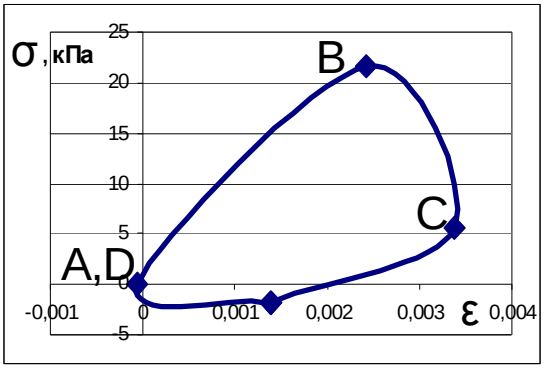


Рис. 3. Динамічна петля гістерезису в кінці циклу ущільнення.

Внаслідок проведених досліджень отримано результати запису показань датчиків для висоти суміші 1м.

Аналіз графіків вказує на неоднозначний характер руху суміші на різних етапах. Досліди проводились за умов вільного та фіксованого встановлення датчиків, тобто з можливістю руху датчика разом з сумішшю під час ущільнення або жорстке закріплення на штативі. На початковій стадії, було відмічено, відбувається синхронний рух суміші в одній фазі, зі збільшенням амплітуди по висоті. Далі, по мірі ущільнення характер руху шарів суміші змінюється – фіксується зсув фаз між показаннями датчиків а також протифазний рух суміші. За умов фіксованого встановлення датчиків ситуація виглядає дещо іншою: протифазний рух суміші більш виразний, більш того зсув фаз зафіксовано на різних висотах.

Зокрема, слід зазначити, досить різкий зсув фаз зафіксовано в умовах пошарового укладання суміші з подальшою вібрацією; очевидно за таких обставин більш істотною є різниця в поведінці шарів суміші на границях укладання – "ущільнена - неущільнена" суміш. Необхідно зазначити, що основні параметри середовища в умовах дії ударно-вібраційного навантаження отримано в роботі [5].

Будемо виходити з уявлення, що напруження в середовищі змінюється за законом: $\sigma(\varepsilon,\dot{\varepsilon}) = E\varepsilon + k\dot{\varepsilon}$. Оскільки бетонна суміш є середовищем з сильним затуханням, тому запишемо хвильове рівняння у вигляді:

$$\frac{\partial^2 U}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \beta \frac{\partial^3 U}{\partial x^2 \partial t}. \qquad (1)$$

Розв'язок рівняння (1) будемо знаходити у вигляді: $U(x,t) = U_1 e^{k_1 x} + U_2 e^{k_2(2H-x)}$. (2)

Підставивши рішення (2) у вихідне рівняння, та провівши необхідні перетворення Коефіцієнти U_1, U_2 знаходимо за методикою [4]:

$$U_1 = \frac{x_0 e^{-k_1 x}}{e^{k_1 x} + e^{-k_1 x}},\ U_2 = \frac{x_0 e^{k_1 x}}{e^{k_1 x} + e^{-k_1 x}}. \qquad (3)$$

Основним показником, що характеризує ефективність вібромашини є енергія, яка передається оброблюваному середовищу від робочого органу. В такому випадку, знаючи енергію контактної зони і характер руху будь-якого шару середовища, можна оцінити здатність середовища до сприйняття того чи іншого рівня енергії в залежності від параметрів вібрації.

Робота контактної зони для одного періоду коливань запишеться у вигляді [4]:

$$A_k = \int_0^T R_k(t)\dot{x}(t)dt\ , \qquad (4)$$

Розв'язуючи (4), та враховуючи, що $R_k(t) = m_c x_0 \omega^2$ отримаємо:

$$A_k = m_c \int_0^T [x(t)]^2 [\omega(t)]^3 dt\ , \qquad (5)$$

Де: $R_k(t)$ - контактна сила (реакція середовища), $\dot{x}(t)$ - швидкість коливань контактної зони.

Тоді, знаючи вираз роботи, знайдемо середню потужність для постійних значень амплітуди та частоти коливань:

$$P_{cp} = \frac{1}{2} m_c x_0^2 \omega^3 d\ , \qquad (6)$$

Де: *d*- осереднений хвильовий коефіцієнт впливу активних сил середовища на рух вібросистеми.

Критерії ефективності (4)-(6) розкривають фізичну сутність взаємодії робочого органу та середовища, але вони не враховують крутизну

фронту динамічного впливу. Такий критерій можна отримати використовуючи динамічну петлю гістерезису.

Площу петлі гістерезису, як суму ділянок стиснення та розтягу можна визначити за співвідношенням [4]:

$$S = \int_0^T \sigma(t)\dot{\varepsilon}(t)dt = \int_0^\tau \sigma(t)\dot{\varepsilon}(t)dt + \int_\tau^T \sigma(t)\dot{\varepsilon}(t)dt \quad ,(7)$$

Провівши необхідні перетворення, отримуємо вираз для визначення площі петлі гістерезису:

$$S = \frac{\sigma_н^2 \gamma\pi}{2E_0(1+\gamma^2)}\left[1+\frac{(1-\alpha)^2}{\alpha^2}\right], \qquad (8)$$

З виразу (8) слідує, що площа петлі має дві складові:

$$S_{ст} = \frac{\sigma_н^2 \gamma\pi}{2E_0(1+\gamma^2)},\ S_p = \frac{\sigma_н^2 \gamma\pi}{2E_0(1+\gamma^2)}\frac{(1-\alpha)^2}{\alpha^2}. \qquad (9)$$

Ефективність динамічного впливу буде суттєвішою в тому випадку в якому значення $S_{ст}$ буде більшим. Проте, варто зазначити, що можливі варіанти вібровпливу з однаковими площами ділянок стиснення але з різною крутизною фронту навантаження.

Для оцінки впливу крутизни фронту навантаження розглянемо вираз миттєвої потужності [4]:

$$P_{мит} = \sigma(t)\dot{\varepsilon}(t) = dS/dt\,. \qquad (10)$$

Тоді миттєва потужність на стиснення:

$$P_{мит}^{ст} = \frac{1}{\alpha T}\int_0^{\alpha T}\sigma(t)\dot{\varepsilon}(t)dt\,. \qquad (11)$$

З виразу (11) слідує, що є можливість існування варіантів з постійною та змінною швидкостями навантаження $\dot{\varepsilon}(t) = V_\varepsilon$. Якщо $V_\varepsilon = const$, тоді:

$$P_{мит}^{ст} = \frac{1}{\alpha T}V_\varepsilon\int_0^{\alpha T}\sigma(t)dt\,. \qquad (12)$$

Логічно припустити, що ефективнішою буде та система в якої вища швидкість V_ε.

Далі можна створити узагальнений критерій, котрий порівнює обидві системи:

$$\frac{S_{ст_1}V_{\varepsilon_1}}{\alpha_1 T_1} = \frac{S_{ст_2}V_{\varepsilon_2}}{\alpha_2 T_2}\,. \qquad (13)$$

Таким чином, якщо швидкість деформації $V_\varepsilon = const$, в такому разі ефективнішим буде той імпульс, в якого більшим є вираз (13). Якщо швидкість прикладання навантаження є величиною змінною, тоді, більш ефективною буде та система, котра має максимальне значення підінтегральної функції (11).

Слід зазначити, що величина та характер зміни наростаючої ділянки петлі гістерезису (ділянка А-В рисунок3) залежить від швидкості зміни напруженого стану, який дорівнює відношенню напруження σ до часу дії t. За умови нескінченно повільного прикладання навантаження зберігається майже лінійна залежність між напруженням та деформацією до момента зняття навантаження. Звідси слідує, і це підтверджується дослідами для ударної системи, що чим більша буде швидкість зміни напруженого стану середовища тим ширшою буде петля гістерезису [4].

Узагальнений критерій можна записати у вигляді:

$$\frac{\sigma_{ст_1}V_{\varepsilon_1}\Gamma\left(\frac{n_1+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n_1}{2}+1\right)} = \frac{\sigma_{ст_2}V_{\varepsilon_2}\Gamma\left(\frac{n_2+1}{2}\right)}{\Gamma\left(\frac{n_2}{2}+1\right)}, \qquad (14)$$

Де: $\Gamma(x)$ - гама функція x,

n_1, n_2 - коефіцієнти, що характеризують крутизну фронту навантаження.

Таким чином отримані залежності повністю описують всі параметри системи за ефективністю роботи вібросистеми в цілому. Для практичного застосування цих залежностей необхідно знати параметри машини та середовища. Порівнюючи їх за критерієм (14) приймають ті числові значення конкретної змішаної динамічної системи, для якої вищезазначене співвідношення приймає максимальне значення.

Висновки

В результаті проведення теоретико-експериментальних досліджень варто зазначити, що характер руху суміші в ударно-вібраційній системі є неоднозначним, відмічається значний зсув фаз між різними шарами суміші а також протифазний рух суміші. Також, слід вказати, що наведені вище викладки дозволяють описати процеси, що відбуваються в зоні контакту робочого органу та середовища а також оцінити їхню ефективність в умовах складного характеру навантаження. Аналіз динамічної петлі гістерезису в умовах дії ударно-вібраційного навантаження свідчить, що процес відбувається в умовах більш різкого навантаження суміші за одиницю часу, і, при цьому величини напружень та відносної деформації досягають більших значень у порівнянні з гармонічними режимами. Цим очевидно і

пояснюється більш “вугловата” форма петлі. Запропонований метод дає можливість описати динамічну петлю гістерезису методом поліноміальної регресії для подальшого використання.

Література

1. Баранов Д.С, Карамзин В.Е. О методике измерения давления бетонной смеси на элементы форм. Сб. НИИЖБ Стальные формы для сборного железобетона. М., Стройиздат, 1966.
2. Баранов Ю.О Создание строительных ударно-вибрационных машин с электромагнитным приводом. Дисс. канд. техн. наук. К., 1994. – 150 с.
3. Баранов Ю.О, Клименко М.О, Басараб В.А Методика експериментальних досліджень взаємодії середовища з робочим органом ударно-вібраційної площадки. Техніка будівництва №11.К.: КНУБА, 2003.- с. 24-28.
4. Назаренко И.И. Прикладные задачи теории вибрационных систем, К.: І.С.Д.О, 1993.-216с.
5. Назаренко І.І, Баранов Ю.О, Басараб В.А Експериментальні дослідження взаємодії середовища з робочим органом електромагнітної ударно-вібраційної площадки. Техніка будівництва №14.К.: КНУБА, 2004.- с. 43-47.

УДК 621.867.82

Гущин В.М., Гущин О.В.[1]

УПРАВЛЕНИЕ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ СТРУЙНЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВОЗДУШНОГО ПОТОКА

Введение. Цель исследования. Общепризнанные, хорошо изученные и наиболее широко распространенные пневмотранспортные установки, работающие по принципу перемещения отдельных частиц в полете во взвешенном состоянии, обладают рядом существенных недостатков: относительно небольшая производительность, высокая энергоемкость процесса транспортирования, сложность очистки воздуха, значительный выброс пыли в окружающую среду [1, 2]. Необходимость совершенствования существующих и разработки новых высокоэффективных малоэнергоемких типов пневмотранспортных установок для перемещения сыпучих материалов является актуальной задачей. Интенсификация массопереноса позволяет решить поставленную задачу на качественно новой основе.

Трансформация структуры движения аэросмеси в пневмотранспортном трубопроводе, в том числе пристенного течения, путем управляемой генерации вихревых структур позволяет интенсифицировать процессы массопереноса. Одним из методов интенсификации процессов массопереноса в пневмотранспортном трубопроводе является использование дополнительных воздушных потоков, воздействующих на движущийся в трубопроводе сыпучих материал [3, 4]. Исследования [5, 6] показали достаточно хорошую работоспособность пневмотранспортной установки, оборудованной дополнительным воздуховодом с верхним расположением воздухоподводящих патрубков. Анализ выполненных исследований показывает, что вопросы рационального размещения воздухоподводящих патрубков, отсюда, управления воздействием дополнительного воздушного потока на движущуюся аэросмесь в пневмотранспортном трубопроводе не исследованы и в литературе не рассматривались.

Целью данной работы является анализ протекающих в пневмотранспортном трубопроводе процессов, управления движением аэросмесей струйным воздействием дополнительных воздушных потоков на перемещаемый материал и выявление оптимальных технических решений применительно к условиям транспортирования сыпучих материалов с разными физико-механическими свойствами.

Результаты исследования. Поставленная цель, в соответствии с блок-схемой самоорганизации режимов движения аэросмесей при пневматическом транспортировании сыпучих материалов [3], достигается созданием завихренности потока, энергетической подпиткой, вибрационным воздействием на сыпучий материал или сочетанием двух и более факторов. Дополнительная энергия может подводиться турбулентностью воздушного потока (непрерывное или импульсное воздействие), изменением энтропии. В

[1] Гущин В.М., канд. техн. наук, доц.; Гущин О.В., канд. техн. наук, Донбасская государственная машиностроительная академия.

турбулизации потока определенную роль играют шероховатость частиц и стенок трубопровода. Колебательные процессы, сопровождающие пневматическое транспортирование, также способствуют турбулизации потока. Особое место занимает вибрационное воздействие на перемещаемый сыпучий материал.

Интенсификация процессов массопереноса в пневмотранспортном трубопроводе достигается увеличением массовой концентрации смеси при одновременном снижении скорости движения сыпучих материалов в аэрированном состоянии (рис. 1). Энергоемкость, отнесенная к единице перемещаемого сыпучего материала, при прочих равных условиях, детерминируется скоростью движения газоматериального потока. Транспортная скорость, в свою очередь, взаимосвязана с режимом движения аэросмеси, что сказывается на энергоемкости процесса транс-

чем при режиме в полете. Частицы разделены и силы межфазного сопротивления уменьшаются, приближаясь к минимальным значениям. Меняется и картина трения сыпучего о стенки трубопровода, изменяя условия псевдоожижения. Сформированные волновые и порционные структуры поддерживаются в аэрированном состоянии на всем участке транспортирования. Увеличение скорости движения аэроссмеси непременно приводит к резкому возрастанию энергоемкости процесса. Поэтому, применительно к рассматриваемым условиям интенсификации повышение скорости движения аэросмесей приводит к тупиковому решению и от него следует отказаться.

Независимо от режима перемещения фаз обобщенный коэффициент сопротивления движению аэросмесей в пневмотранспортном трубопроводе определяется как совокупность сопротивлений трения несущей воздушной среды и твердых частиц о стенки трубопровода, аэродинамического сопротивления воздуха, трения частиц между собой.

При работе пневмотранспортных установок с волновым или порционным движением флюидизированных материалов, изначальные скорости движения аэросмесей на порядок ниже, ния, что достигается дополнительной энергетической подпиткой. Вертикальная составляющая энергетической подпитки направлена на поддержание в аэрированном состоянии перемещаемого объема, горизонтальная – на преодоление сопротивлений движению заданного объема аэрированного материала.

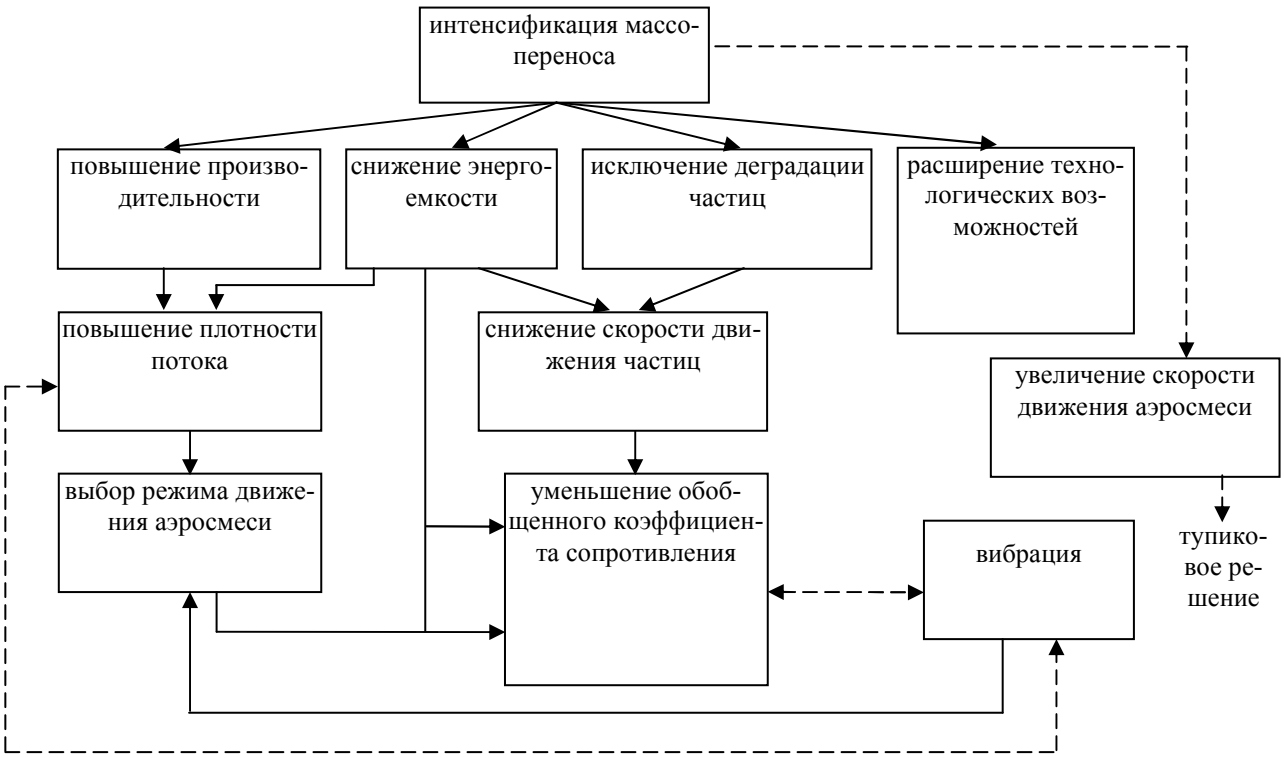


Рис. 1. Управление интенсификацией процессов пневматического транспортирования сыпучих материалов.

Обобщенный коэффициент сопротивления в этом случае становится сопоставимым с коэффициентом сопротивления движению частиц в полете. Учитывая, что массовая концен-

трация порционного режима на порядок выше, чем в полете, достигается общее снижение энергозатрат. Анализ графиков (рис. 2) показывает, что при скоростях движения в пределах 1…10 м·с$^{-1}$, соответствующих волновому и порционному режимам, достигается достаточно высокая концентрация смеси при относительно небольших избыточных давлениях. Удельная энергоемкость процесса транспортирования становится существенно ниже, чем при режиме движения в полете, что снижает энергоемкость транспорта. В соответствии с блок-схемой управления движением аэромеси в пневмотранспортном трубопроводе трансформация структуры пристенного течения аэросмесей путем генерации вихревых структур рассматривается для поступательного режима движения при дополнительном подводе воздушного потока посредством сопел-побудителей. Сопла-побудители расположены в верхней или нижней части пневмотранспортного трубопровода. Как известно, в этом случае возможны два основных режима движения аэросмеси – волновой и порционный. Рассматривается волновой режим движения аэросмеси при верхнем и нижнем воздействии воздушного потока.

При верхнем воздействии воздушного потока волновое течение аэросмесей может осуществляться в форме кривой приближенной к синусоиде и в этой же форме с движущемся придонным слоем, но усеченной в ее верхней части.

В качестве физической области течения для этого случая принимается канал пневмотранспортного трубопровода, на нижней поверхности которого расположен сыпучий материал со свободной поверхностью волнообразной формы (рис. 3).

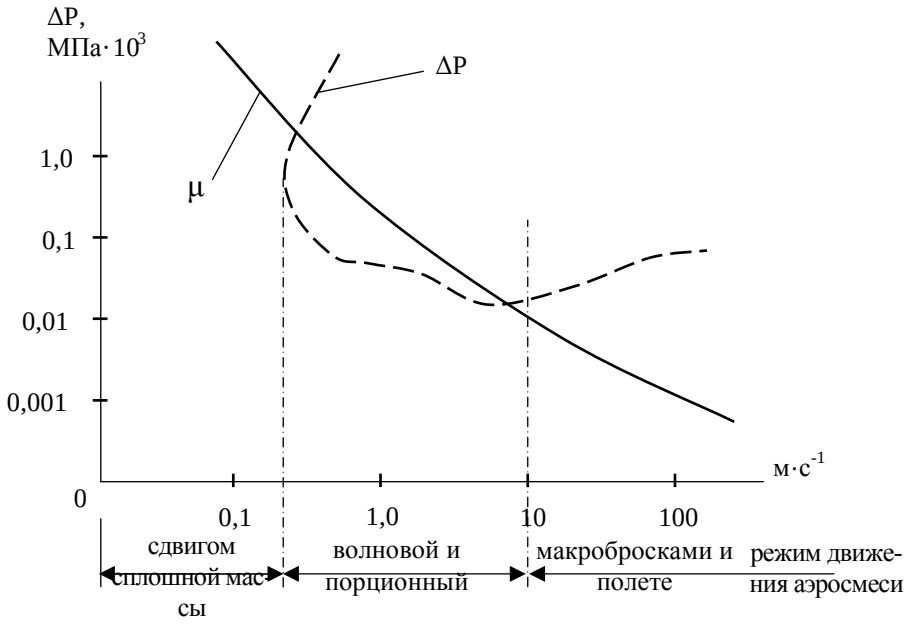


Рис. 2. Избыточные давления (ΔР) в пневмотранспортном трубопроводе и массовая концентрация (μ) в зависимости от режима движения аэросмеси.

В неподвижной системе координат уравнение волнообразной границы имеет вид [7]:

$$y = ln\left(a \cdot cos\frac{2\pi}{\lambda}x + \sqrt{b^2 - a^2\, sin^2\frac{2\pi}{\lambda}x} \right)$$

где λ – безразмерная длина волны; *a, b* – величины, связанные с амплитудой волны.

Положение профиля определяется координатой его средней точки X_0 и расстоянием H между задней кромкой профиля и вершиной волны. Предполагается, что в начальный момент времени профиль начинал движение из состояния покоя:

$$t = 0, \qquad x_0 = 0, \qquad \frac{dx_0}{dt} = 0,$$

$$t > 0, \qquad \frac{dx_0}{dt} = U_0.$$

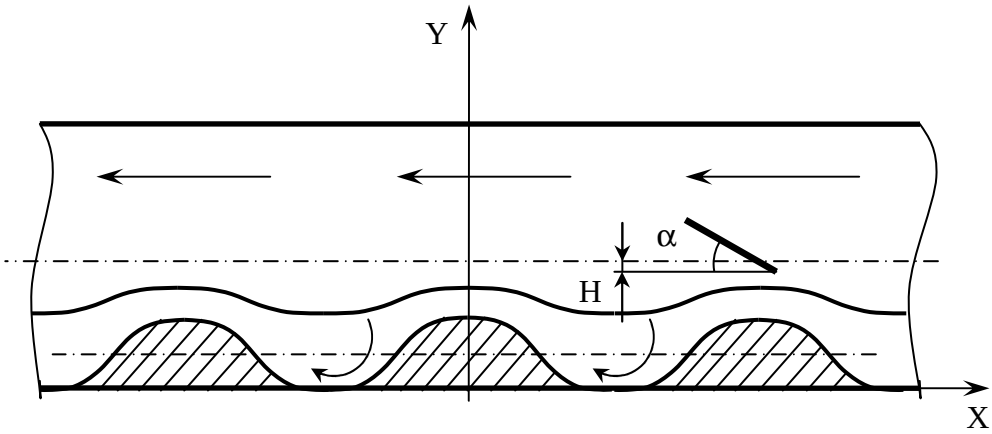


Рис. 3. Схема формирования волновых вихревых структур в пневмотранспортном трубопроводе.

Рассматривая волновой режим движения аэросмеси как неустановившееся плоское движение в неглубоком сосуде большой протяженности с твердым дном $y=-h(x)$ и со свободной граничной поверхностью $y=\eta(x,t)$, для высоты слоя η уравнение движения может быть записано [8]:

$$\frac{\partial^2\eta}{\partial t^2}-g\frac{\partial}{\partial x}\left(h\frac{\partial\xi}{\partial x}\right)=0.$$

Для ровного днища (h=const) последнее уравнение приводится к уравнению гиперболического типа

$$\frac{\partial^2 h}{\partial t^2}-gh\frac{\partial^2\eta}{\partial x^2}=0.$$

Общее решение уравнения выражаются через две произвольные функции

$$\eta=f_1(x-c_0t)+f_2(x+c_0t),$$

где $c_0=\sqrt{gh}$, f_1 и f_2 определяются через начальные и граничные условия.

Последняя зависимость дает решение в виде суммы двух волн движущихся со скоростью $\pm c_0$, а функции f_1 и f_2 определяют форму этой волны.

Скорость распространения возмущений, т.е. волны на свободной поверхности, определяется

$$c=\sqrt{g(\eta+h)},$$

откуда можно сделать вывод, что верхние участки волны, для которых возвышение больше, движутся с большей скоростью, чем нижние.

В рамках теории „мелкой воды" распространение волн для высоты слоя $\xi=\xi(x,y,t)$, описывается акустическим уравнением

$$\frac{\partial^2\xi}{\partial t^2}-g\left\{\frac{\partial}{\partial x}\left(h\frac{\partial\xi}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left(h\frac{\partial\xi}{\partial y}\right)\right\}=0,$$

где $h=h(x,y)$ – глубина сосуда.

При воздействии воздушного потока на движущуюся смесь в нижней части пневмотранспортного трубопровода задача может быть рассмотрена как плоская нестационарная задача об истечении воздушной струи из канала в сносящий поток (рис. 4, а). Предполагается, что скорость бокового течения U_∞, а также скорость движения воздуха на большом удалении от выходного сечения ВС являются постоянными. Плотность потока, вытекающего из канала, равна плотности потока в окружающем пространстве. В начальный момент времени t=0 течение потока потенциальное и безотрывное. При t=0 с острых кромок границы В и С в поток сходят вихревые пелены. Источниками завихренности вследствие отрыва пограничных слоев на стенках АВ и СД пренебрегается. Пренебрегается также генерацией и диссипацией завихренности в трубе. Непрерывный процесс образования вихревых пелен заменяется дискретным. В начальный момент времени вихревые пелены, сходящие с острых кромок, сворачиваются в два «стартовых» вихря (рис. 4, б). Далее вихревые пелены распадаются на отдельные структуры, интенсивность и частота образования которых существенно зависят от относительной скорости движения воздушного потока U_∞. Отношение скорости потока U_∞ к скорости истечения U_0 определяется параметром

$m = U_\infty / U_0$. При малых $m < 0{,}2$ количество вихревых структур по обе стороны струи примерно одинаково, что позволяет говорить об их парном взаимодействии. Характерной особенностью является переход некоторых вихревых сгустков с «внутренней» границы на «внешнюю» (рис. 4, в). С увеличением скорости сносящего потока $m > 0{,}3$ частота образования структур на «внутренней» (тыльной по отношению к набегающему потоку) границы струи возрастает и значительно превосходит соответствующую для внешней границы. При $\tilde{U}_\infty$>0,5 период образования вихревых сгустков на «внутренней» границе струи сравним с временем дискретизации. Завихренность, сходящая в поток с кромки накапливается в вихревой области за струей (рис. 4, в) и приводит к искривлению струи. Регулярная структура вихревых сгустков более выражена для внешней струи (рис. 4, в, г) с увеличением скорости потока интенсивность и масштаб вихревых структур на «внешней» границе уменьшается.

Частота образования крупных вихрей изменяется случайным образом в определенном диапазоне. Можно выделить некоторые превалирующие («основные») частоты вихреобразования. Результаты расчетов, выполненные при значении параметра $m = 0{,}2$, обнаруживают нестационарный характер течения. Ось струи совершает хлыстообразные колебания, причем частота f этих колебаний соответствует числу Струхаля $St = fh / U_0 = 0.01 \div 0.02$. Поле скорости в циркуляционной зоне имеет сложную нестационарную структуру. Ось хлыстообразной струи описывается эмпирической зависимостью [9]

$$y = 1{,}8x^{0{,}4} / m^{0{,}8}.$$

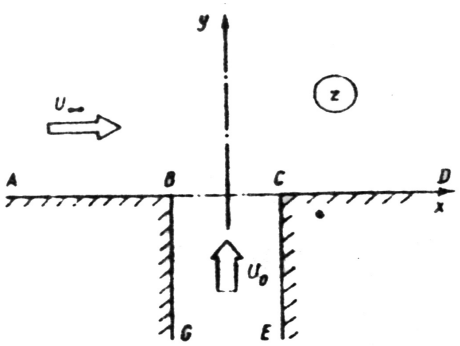
Пульсирующий расход струи существенно влияет на параметры вихревых структур, образующихся на границах струи, в особенности на устойчивость. Пульсирующий расход описывается уравнением

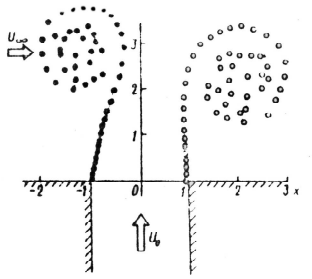
$$Q = Q_0\left(1 + A\sin\Omega t\right),$$

$$Q_0 = 2hU_0, \qquad A = 0{,}05\ldots0{,}1.$$

Картина течения зависит от соотношения частоты возмущений Ω к собственной частоте образования вихревых структур в струе Ω/Ω_0. Если частота возмущений больше основной частоты Ω_0:Ω>1, вихревые сгустки, соответствующие колебаниям расхода, существуют непродолжительное время лишь на начальном участке пути. В дальнейшем они объединяются в более крупные структуры с частотой образования ≈Ω_0. При низкочастотных пульсациях расхода Ω<1 образуются вихревые структуры нескольких масштабов (рис. 4, в, г). Наиболее крупные вихри образуются с частотой ≈Ω. Картина течения показывает, что образующиеся вихревые структуры наиболее устойчивы. Полученные результаты показывают возможные пути управления струйными течениями.

а б





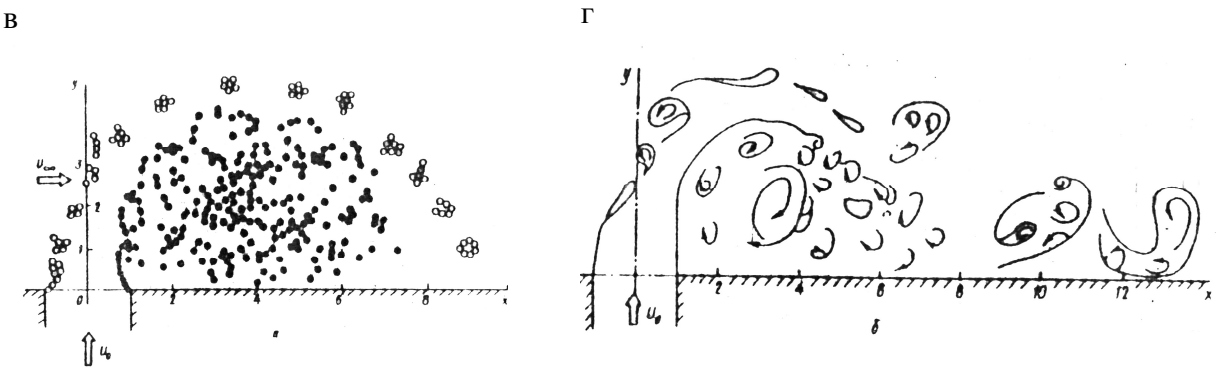


Рис.4. Формирование вихревой структуры при воздействии воздушного потока: а – истечение струи в сносящий поток; б – образование начальных вихрей; в, г – развитие картины течения.

Периодическое возбуждение турбулентной струи приводит к изменениям средней скорости и продольных пульсаций скорости вдоль оси струи при низко- и высокочастотном возбуждении. При этом имеет место два эффекта: интенсификация турбулентного перемещения при низкочастотном периодическом возбуждении и ослабление перемешивания при высокочастотном возбуждении. Существует пороговый уровень амплитуды возбуждения, после превышения которого периодическое возбуждение сказывается на осредненных характеристиках струи. Для исследования возбуждения турбулентной струи, описываемого уравнением

$$Q(t) = Q_0\{1 + A_1 \sin(2\pi f_1 t) + A_2 \sin(2\pi f_2 t + \Delta\varphi)\}$$

характерны два случая:

-низкочастотное возбуждение

$$St_2 = 0{,}35,.St_2 = 0{,}70.A_1 = A_2 = 0{,}05,.\Delta\varphi = \pi/2$$

интенсифицирует процесс перемешивания, разрушая крупомасштабные сгустки завихренности под действием второй частоты;

- при высокочастотном возбуждении

$$St_1 = 2{,}0,.St_2 = 1{,}0.A_1 = A_2 = 0{,}05,.\Delta\varphi = \pi/2$$

картина оказывается противоречивой: интенсивность взаимодействия крупных вихрей уменьшается, но происходит не ослабление, а интенсификация перемешивания.

Циркуляция сходящих с крупного цилиндрического сопла кольцевых вихрей и скорость их сноса изменяются во времени по гармоничном закону:

$$\Gamma = \Gamma[1 + A\sin(2\pi ft)];$$

$$U_c = U_0[1 + A\sin(2\pi ft)].$$

Расчет характеристик периодически возбужденной струи при значениях амплитуды $A = 0{,}05 - 0{,}1$ и числа Стухаля $St_s = f_s d / U_0 = 0{,}1 \div 2{,}0$ показал, что в диапазоне $St_s = 3{,}0 \div 2{,}0$ возбуждение с достаточной амплитудой генерирует крупномасштабные вихри в струе. Если $St_s = 3{,}0$, эти вихри достаточно велики и образуют при $x/d = 2$; При $St_s = 0{,}5$ большие вихри образуются уже при $x/d = 1$; и сохраняются на расстоянии нескольких диаметров по потоку. При более высоких частотах $(St_s > 1)$ вихри, которые образуются в частоте возбуждения, малы и быстро разрушаются в процессе взаимодействия с другими вихрями. Расчет эжекционных характеристик струи обнаруживает тенденцию: при низкочастотном возбуждении эжекция струи увеличивается, при высокочастотном – уменьшается.

Трансформация структуры пристенного течения аэросмесей осуществляется путем генерации вихревых структур (подвижным рецептором) или, в общем случае, воздействием дополнительно подводимых воздушных струй (рис. 5)Во втором случае система вихрей формируется инжекцией пульсирующих воздушных струй в придонный слой движущейся аэросмеси. Предполагается, что движение начинается в момент времени t=0 , скорость потока аэросмеси есть величина постоянная U_∞=const, а воздействие дополнительных воздушных импульсов изменяется по законам, рассмотренным выше. Безразмерное время учитывается следующим образом $\tau = t \cdot U/b$. Функция, отображающая область течения на верхнюю полуплоскость, имеет вид:

$$z = \frac{2b}{\pi}\left[\sqrt{\varsigma^2 - 1} - iLn\left(\frac{i \pm \sqrt{\varsigma^2 - 1}}{\varsigma}\right)\right],$$

где *b* – полуширина канала.

На границах в придонном слое воздушных импульсов образуются когерентные вихревые структуры (рис. 5). Экспериментальные исследования пневмотранспортной установки с порционным и волновым режимами движения аэросмесей показывают, что стационарные режимы их функционирования сопровождаются осцилляционными процессами.

В пневмотранспортном трубопроводе различают колебательные процессы обусловленные структурированным движением аэросмесей, и колебания, вызванные волнами сжатия и разрежения газо-материального потока [10]. В колебательных процессах первого типа на основные колебания накладываются вторичные, частота которых на порядок – два выше частоты основных. Амплитуды в зоне формирования структурированного газоматериального потока превышают величины амплитуды возмущений по трассе. Физико–механические свойства транспортируемых сыпучих материалов, сказываясь на величинах амплитуд возмущений, практически не влияют на характер протекания колебательных процессов. Малые возмущения скорости воздушного потока приводят к существенно большим возмущениям плотности потока в пределах порции или волны, что оказывает положительное влияние на сохранение структуры потока и, в целом, на работоспособность пневмотранспортной установки.

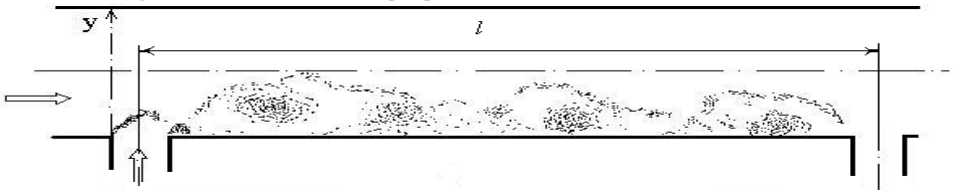


Рис. 5. Вихревая система у нижней стенки трубопровода, генерируемая пульсирующим воздушным потоком.

Структурированное движение аэросмесей в пневмотранспортном трубопроводе сопровождается возбуждением и поддержанием колебаний в пределах отдельно взятой волны или порции. Предположив, что движущийся газоматериальный поток рассматриваемого объема является квазипотенциальным, пренебрегая диссипацией колебательной энергии, поток в пределах отдельной порции или волны, можно рассматривать как автономную консервативную систему. В этом случае, каждая частица аэросмеси, находящаяся в определенном сечении трубопровода (как поперечном, так и продольном) совершает периодические колебания. Следует предположить такую же периодичность процесса и во всей рассматриваемой системе. Иными словами, любое начальное распределение частиц по поперечному и продольному сечениям трубопровода, взятое в любой произвольный момент времени, воспроизводится через период времени τ.Общая оценка устойчивости колебательного процесса, наблюдаемого в эксперименте [5, 6], осуществляется на базе оценки устойчивости положения равновесия внутренней границы потока.

Квазипотенциальный поток вихревого элемента в сечении трубопровода обладает скоростью U, плотностью ρ и давлением P (рис. 6). Компоненты скорости по осям цилиндрических координат - U_r , U_z , U_n. Уравнение быстрых движений для элементарного объема, прилегающего к внутренней границе потока, записывается [11]:

$$\frac{dU_r}{dt} = \frac{2U_n\varepsilon}{r} - \frac{1}{\rho}\frac{\partial p}{\partial r}, \qquad (1)$$

где ε – коэффициент интенсивности пульсаций.

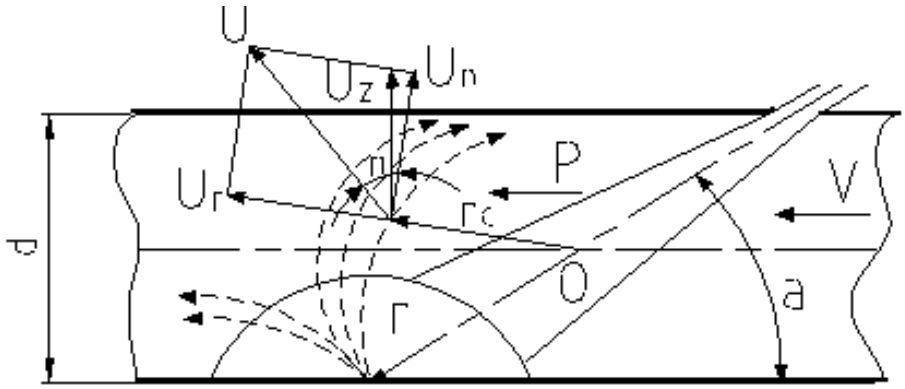


Рис.6. Схема вихрей в зоне дополнительного подвода воздушного потока.

Радиальный градиент давления

$$\frac{\partial p}{\partial r} = \frac{\partial p}{\partial \rho}\frac{\partial \rho}{\partial r} = c^2\frac{\partial \rho}{\partial r} \qquad (2)$$

где c – скорость звука.

Учитывая закон сохранения массы (уравнение неразрывности) элементарного объема $\rho\Delta V = const$,

$$\frac{\partial \rho}{\partial r} = -\frac{\rho}{\Delta V}\frac{\partial \Delta V}{\partial r}k, \qquad (3)$$

где ΔV – элемент объема; k - коэффициент деформации.

$$\Delta V = \tfrac{1}{2}(r_c^2 - r^2)dzdn. \qquad (4)$$

После подстановки уравнение (1) примет вид

$$\frac{dU}{dt} = 2\left(\frac{\varepsilon U_n^2}{r} - \frac{a^2 rk}{r_c^2 - r^2}\right). \qquad (5)$$

Обозначив синус угла закрутки потока на внутренней границе $\sin\alpha_{вн} = S$,

введя безразмерную координату λ = r/r$_c$, последнее уравнение приводится к виду

$$\ddot{r} = \frac{dU_r}{dt} = 2\frac{U_{вн}^2\varepsilon}{r_c}\left[\frac{S^2\lambda^2}{\lambda^3} - \frac{K\lambda}{M^2\varepsilon\,(1-\eta^2)}\right], \qquad (6)$$

где $U_{вн}$– скорость потока на внутренней границе; M– число Маха.

Введя безразмерное время в виде выражения

$$\tau = \frac{\sqrt{\varepsilon}\,U_{вн}\,t}{r_c}, \qquad (7)$$

получены соотношения

$$\dot{r} = \dot{\lambda}\sqrt{\varepsilon}\,U_{вн}; \ddot{r} = \ddot{\lambda}\frac{\varepsilon U_{вн}^2}{r_c}. \qquad (8)$$

При подстановки этих соотношений в уравнение (6), его запись в безразмерном виде

$$\ddot{\lambda} = 2\left(\frac{\lambda_{вн}^2 S^2}{\lambda^3} - \frac{A\lambda}{1-\lambda^2}\right), \qquad (9)$$

где $A = \frac{k}{M^2\varepsilon}$.

Правая часть уравнения (9) обозначена через $\ddot{\lambda} = f(\lambda, A)$. (10)

Устойчивость положения равновесия внутренней границы потока оценивается по методике [12]. При периодическом движении системы определяющие параметры имеют экстремальное значение, т.е.

$$2\left(\frac{\lambda_{вн}^2 S^2}{\lambda_{вн}^3} - \frac{A\lambda}{1-\lambda^2}\right) = 0. \qquad (11)$$

Исходя из того, что в состоянии равновесия величина $S = \frac{2\lambda_{вн}^2}{1+\lambda_{вн}^2}$, (12)

параметр A и координата $\lambda_{вн}$ связываются соотношением $\lambda_{вн} = \sqrt{\frac{2-A}{2+A}}$ (13)

и параметр A определяется $A = \frac{2(1-\lambda_{вн}^2)}{1+\lambda_{вн}^2}$. (14)

Устойчивость состояния равновесия определяется знаком производной (10) по λ: равновесие в точке $\lambda = \lambda_{вн}$ устойчиво, если $f'_\lambda(\lambda_{вн}, L) < 0$ и неустойчиво, если $f'_\lambda(\lambda_{вн}, L) > 0$.

Приравнивая $\lambda = \lambda_{вн}$, подставив значения A и S в положении равновесия, устойчивость состояния равновесия

$$f'(\lambda_{вн}, A) = -B\left(\frac{2-\lambda_{вн}^2}{1-\lambda_{вн}^4}\right) < 0,$$

где B – константа.

Положение равновесия внутренней границы потока является устойчивым, что подтверждается возможностью реализации движения газо-материального потока в заданном режиме. Колебательный характер движения потока является присущим ему свойством и влиять на него можно с помощью управляющих параметров [13].

Выводы

Результаты исследований показали:

1. Улучшение технических показателей пневмотранспорта сыпучих материалов может быть достигнуто увеличением массовой концентрации перемещаемых аэросмесей при одновременном снижении скорости их движения. Интенсификация массопереноса достигается созданием завихренности потока, энергетической подпиткой воздействием дополнительных воздушных струй, вибрационным воздействием на сыпучий материал или объединенным действием нескольких факторов.
2. Положительное влияние принудительно созданных вихревых структур на пристенное движение аэросмесей в пневмотранспортном трубопроводе подтверждено результатами стендовых исследований.
3. В пневмотранспортном трубопроводе возникают колебательные процессы, обусловленные структурированным движением аэросмесей, и колебания, вызванные волнами сжатия-разрежения газоматериального потока. Структурированное движение аэросмесей сопровождается возбуждением и поддержанием колебаний в пределах отдельно взятой волны или порции.
4. Шаг воздействия импульсных воздушных струй детерминируется стойкостью формирующихся когерентных вихревых структур, вихревые структуры должны быть стойкими относительно возмущений скорости потока аэросмеси.
5. Колебательный характер движения потока аэросмеси является присущим ему свойством, а влиять на него можно с помощью управляющих параметров.
6. Объяснение явлений, протекающих в пневмотранспортном трубопроводе при движении аэросмесей при нестационарных режимах массопереноса (порционный или волновой) позволяет осуществить ряд новых технических решений.

Литература

1. *Волошин А.И.* Механика транспортирования сыпучих материалов / А.И. Волошин, Б.В. Пономарев – К.: Наукова думка, 2001. – 519 с.
2. *Смолдырев А.Е.* Трубопроводный транспорт / А.Е. Смолдырев. – М.: Недра, 1980. – 293 с.
3. *Гущин В.М.* Нова концепція та її реалізація в розробках високоефективних засобів пневматичного транспортування сипучих матеріалів / В.М. Гущин // Машинознавство, 2000, №2(23). - С. 39 – 43.
4. *Гущин В.М.* Современные тенденции совершенствования пневмотранспорта сыпучих материалов / В.М. Гущин // Автомобильный транспорт. / ХГАДТУ. – Харьков, 2000. – Вип. 5. Совершенствование машин для земляных работС. 33–35.
5. *Гущин О.В.* Пневмотранспорт сыпучих материалов в порционном режиме движения / О.В. Гущин // Сб. научн. тр. Национальной горной академии Украины. – Днепропетровск, Навч. книга, 2002, - Т. 2, №13.. – С. 22 – 25.
6. *Гущин О.В.* Экспериментальные исследования массопереноса пневмотранспортной установкой с порционным движением сыпучих материалов / О.В. Гущин // Наук. вісник будівництва. – Харків, ХДТУБА – ХОТВАБУ, 2000, - Вип 11. – С. 254 – 260.
7. *Калугин Е.Н.* Течение вязкой несжимаемой жидкости вдоль бегущей волны (численные эксперименты) / В. И. Панчук, Е. Н. Калугин // Бионика. – 1970. – Вып. 4. -С. 104 – 110.
8. *Лаврентьев М.А.* Проблемы гидродинамики и их математические модели / М.А. Лаврентьев, Б.В. Шабат. – М.: Наука, 1973. – 416 с.
9. *Белоцерковский С.М.* Моделирование турбулентных струй и следов на основе метода дискретных вихрей / С.М. Белоцерковский, А.С. Гиневский. – М.: Наука, 1995. – 366 с.
10. *Гущин В.М.* Колебательные процессы в пневмотранспортных установках с высокой концентрацией смеси / В.М. Гущин // Вестн. Нац. техн. ун–та “Харьковский гос. политехнич. ин-т”. Сб. научн. тр.. – Харьков: НТУ ” ХПІ ”, 2001. –Вып. 129, Ч.1-С. 248–257.
11. *Карышев Ю.Д.* Дифференциальные уравнения раздельных движений закрученного потока газа / Ю.Д. Карышев // В кн. Динамика систем, механизмов и машин. Матер. международн. науч. техн. конф. – Омск.: ОМ ГТУ, 1995. – Кн. №1. – С. 86.

12. *Бутенин Н.В.* Введение в теорию нелинейных колебаний / Н.В. Бутенин, Ю.И. Неймарк, Н.А. Фуфаев. – М.: Наука, 1976. – 384 с.
13. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация: макроскопический подход к сложным системам / Г. Хакен. // Пер. с англ. – М.: Наука, 1991. – 204 с.

УДК 624.132

Смірнов В.М., Головань В.П.[1]

ОБЕРТАЛЬНИК БУРИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ З ДЕБАЛАНСНИМ ВІБРАТОРОМ ПРОСТОРОВОЇ ДІЇ

Збільшення продуктивності розробки міцних грунтів буровими робочими органами стає можливим за рахунок використання нових більш ефективних їх конструкцій.

Одним із методів підвищення ефективності буріння свердловин в будівництві є використання ефективних динамічних робочих органів, в яких руйнування грунту проходить під дією зусиль, створених основним приводом бурильної машини, та додаткових динамічних навантажень на робочий орган, створених вібропристроями. Тому загальна сила руйнування грунту може розглядатись, як сума імпульсних збуджуючих сил – вертикальної дотичної $F_{ов}$ і відповідних статичних сил, що створюються масою $Q_м$ та приводом робочого органу машини $P_м$[1].

$$P_N = Q_м \pm F_{о.в.}, \quad P = P_м \pm F_{о.в.}$$

Ефективність процесу динамічного руйнування грунтів пропонується оцінювати величиною відповідних динамічних ефектів [2] в вертикальній $\delta_{е.в.}$ та горизонтальній $\delta_{е.г.}$ площинах

$$\delta_{е.в.} = 1 - \frac{Q_м}{P_н}; \ \delta_{е.г.} = 1 - \frac{P_м}{P}.$$

Для створення вертикальних та крутильних коливань, що передаються від привода бурильного обладнання робочому органу, необхідно обертальник об'єднати з дебалансним вібратором відповідної конструкції.

В попередніх розробках [1] наведені конструкції динамічного бурильного обладнання з віброзбудниками вертикальних або крутильних коливань, в яких для одержання зусиль в різних площинах використовують спеціальні гідромолоти з похилими ударними поверхнями. Разом з тим при обертанні дебалансів діють збуджуючі сили в різних напрямках в залежності від фаз обертання, а в більшості конструкцій існуючих дебаланских вібраторів використовуються лише їх вертикальні або горизонтальні складові.

От же, при розробці конструкції динамічного привода бурильного обладнання доцільним є використання дебалансного вібратора просторової дії, який створює в залежності від фаз обертання дебалансів вертикальні та крутильні коливання.

В даній роботі пропонується нова конструкція планетарного обертальника бурильного обладнання об'єднаного з віброзбудником вертикальних та крутильних коливань, який може приводитись до дії одним гідро або електромотором. В залежності від виду ґрунтів обертальник може бути жорстко з'єднаним з бурильним інструментом – для буріння слабких грунтів, та через спеціальний вібромолот – для створення пульсуючих ударних зусиль при бурінні міцних грунтів.

Схема динамічного бурильного обладнання з віброзбудником вертикальних та крутильних коливань приведена на рис. 1.

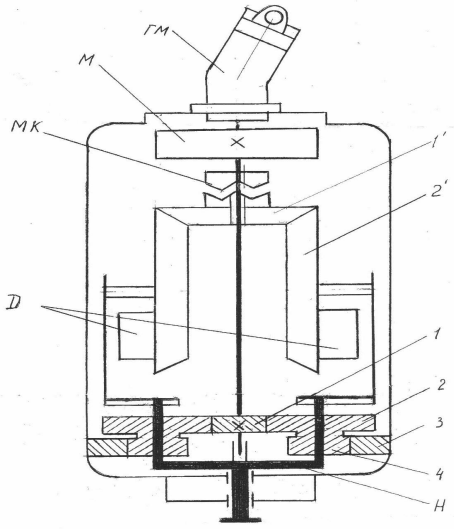


Рис. 1. Схема обертальника бурильного обладнання з дебалансним вібратором вертикальних та крутильних коливань.

Обладнання складається з корпуса К, в якому закріплені гідромотор ГМ, пружна муфта М, планетарна передача, що включає центральне

[1] Смірнов В.М., канд .техн. наук, професор КНУБА; Головань В.П., канд. техн. наук, доцент КНУБА.

рухоме колесо 1, планетарні зубчасті колеса 2, центральне нерухоме зубчасте колесо 3, планетарні зубчасті колеса 4, що з'єднані із зубчастими колесами 2, водила Н, з'єднаного з вихідним валом обертальника; центральної конічної шестерні $1'$, що приводиться в дію при включенні дебалансного вібратора від ведучого вала за допомогою кулачкової муфти МК, планетарних конічних коліс $2'$ з дебалансами D. Схема руху дебалансів, закріплених на вертикальних планетарних колесах $2'$ (в горизонтальній площині), приведена на рис. 2

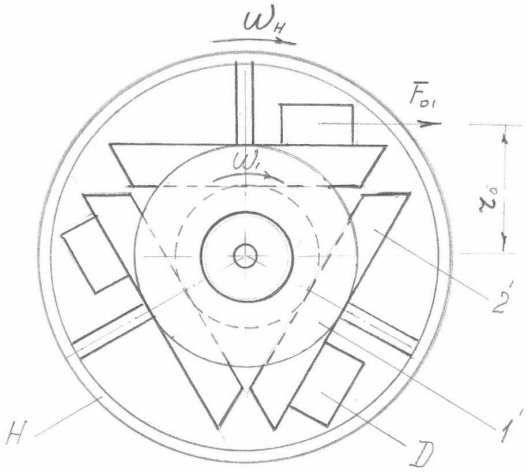


Рис. 2 . Схема руху дебалансів: $1'$ - конічне планетарне зубчасте колесо; D - дебаланс; H - водило.

Пружна муфта M призначена для забезпечення можливості обертання центральних зубчастих коліс 1 та $1'$і планетарних коліс 2 та $2'$ зі змінними кутовими швидкостями під дією дебалансів D при роботі вібратора. Коливання швидкості їх обертання передаються також водилу Н, з'єднаному з вихідним валом обертальника.

Конструктивна схема пружної муфти показана на рис. 3. Пружна муфта складається з двох напівмуфт між якими вмонтовані циліндричні витi пружини стискання, які передають пульсуючі або статичний зусилля в залежності від режиму роботи обертальника.

Визначення кінематичних параметрів планетарного механізму динамічного привода бурильного обладнання може бути проведено за допомогою картини швидкостей [3].

Схема планетарного механізму динамічного привода бурильного обладнання і його картина швидкостей приведені на рис. 4.

Картини швидкостей коліс 1 та $1'$ одержимо відклавши відрізки $K_1 1$ та $K_2 1'$, що відповідають швидкостям v_1 та $v_{1'}$, відповідно, та з'єднавши їх з точкою О, що є проекцією загального центра обертання вказаних коліс. Це трикутники $K_1 10$ та $K_2 1'0$.

Аналогічно одержимо картини швидкостей коліс 2, 4 та водила Н. Це трикутники $K_1 1\, K_4$ $K_3 4\, K_4$, та $K_H H\, O$, відповідно.

Для побудови картини швидкостей планетарного колеса $2'$, розташованого в вертикальній площині (рис. 4) слід виконати поворот цієї картини на 90°, для чого перенесемо відрізок $K_2 1'$ в положення, що відповідає зачепленню колеса $1'$ з конічним колесом $2'$. Це буде відрізком $K_2 1_2' = K_2 2'$, показаний на схемі. Також слід врахувати, що швидкості вказаних коліс в місці їх зачеплення будуть рівні $v_1 = v_{2'}$

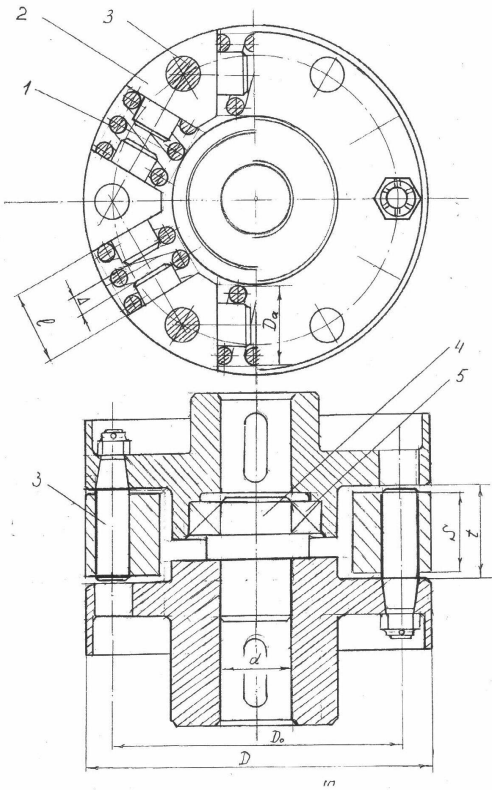


Рис. 3. Пружна муфта: 1 – циліндрична вита пружна стиснення; 2 – несучий сегмент; 3 – палець; 4 – втулка; 5 – дворядний сферичний підшипник.

Картина швидкостей колеса $2'$ - це трикутник $K_2 2' O_1$. Відрізок $K_2' H_1$ відповідає швидкості водила $V_{н1}$ в точці K_2', яка співпадає з точкою K_2 на горизонтальній та вертикальній вісях картини швидкостей.

Із картини швидкостей маємо:

$$V_1 = w_1 r_1 \; ; \quad V_{1'} = w_{1'} \cdot r_{1'} \; ; \; V_{2'} = w_{2'} \cdot r_{2'} ;$$

де w_1 , $w_{1'}$, $w_{2'}$ та r_1 , $r_{1'}$, $r_{2'}$ - кутові швидкості та радіуси коліс 1, $1'$ і $2'$ відповідно. Аналогічні залежності можемо записати і для інших ланок планетарного механізму.

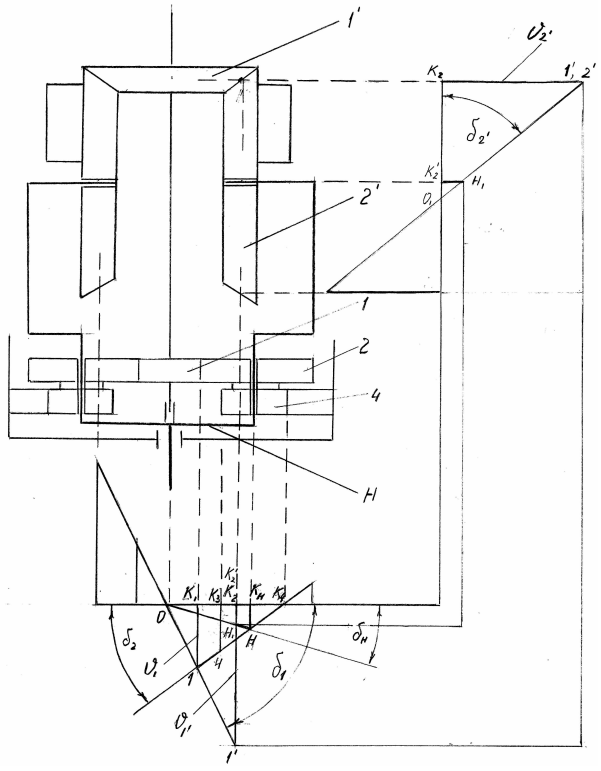


Рис. 4. Схема планетарного механізму динамічного привода бурильного обладнання і його картина швидкостей.

Кутові швидкості ланок визначаються із картини швидкостей:

$$w_1 = w_{1'} = \frac{\mu_v}{\mu_e} tg\delta_1 \; ; \quad w_2 = \frac{\mu_v}{\mu_e} tg\delta_2 ;$$

$$w_{2'} = \frac{\mu_v}{\mu_e} tg\delta_{2'} ; \; w_H = \frac{\mu_v}{\mu_e} tg\delta_H$$

де μ_e і μ_v - масштаби схеми механізма та картини швидкостей.

Передаточні відношення від однієї ланки до іншої

$$i_{12} = \frac{w_1}{w_2} , \; i_{1'2'} = \frac{w_{1'}}{w_{2'}} ,$$

Повне передаточне відношення механізму від ведучого центрального колеса до водила, з'єднаного з вихідними валом, може бути визначене по відомій залежності

$$i_{1H}^{(3)} = \frac{w_1}{w_H} = 1 + \frac{z_2 z_3}{z_1 z_4} ,$$

де z_1 , z_2, z_3, z_4 - числа зубців зубчастих коліс механізма, відповідно (рис.4).

Для розрахунку параметрів віброзбурника слід визначити величину імпульсної збуджуючої сили F_o, яка збільшує дотичне та напірне зусилля і загальний статичний момент дебалансів

$$M_{cm} = m_0 r_0 = \frac{F_0}{w^2}$$

де m_o - маса дебалансів; r_o - ексцентриситет дебалансів; *w* – кутова швидкість обертання дебалансів [1].

Статичний момент маси одного дебалансу

$$m_{o1} r_{o1} = \frac{m_o r_o}{n} ,$$

де *n* – число дебалансів.

Додатковий імпульсний крутний момент при обертанні дебалансів

$$T_F = n \cdot F_{o1} \cdot r_o ,$$

та сумарний крутний момент

$$T = T_m \pm T_F ,$$

де T_m - крутний момент що створюється приводом машини.

Результати проведених досліджень запропонованої конструкції планетарного обертальника бурильних машин з просторовим дебаласним вібратором дають можливість зробити висновок, що його використання дозволяє підвищити ефективності буріння. Це досягається за рахунок створення одним вібратором додаткових імпульсних зусиль на робочий орган в двох площинах – вертикальній та горизонтальній. Обертання планетарного механізма обертання робочого органу з просторовим дебалансним вібратором і механізмом відключення дозволяє зменшити його масу, тому що він приводиться в дію одним двигуном та має можливість працювати в різних режимах в залежності від ґрунтових умов.

Література

1. Смірнов В.М., Головань В.П. Дослідження геометричних, силових та енергетичних параметрів динамічного бурового обладнання з віброзбудником крутильних коливань. Зб. «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини» №73, 2009р.

2. Баладинский В.Л. Динамическое розрушение грунтов. – К.: изд-во КГУ. 1971.
3. Артоболевский И.И. Теория механизмов Издательство «НАУКА» М. 1967 г.

УДК 005.584.1:658.2+658.5

Доненко В.І.[1]

ОНОВЛЕННЯ МЕТОДОЛОГІЇ ПЛАНУВАННЯ ОСВОЄННЯ ОБ'ЄКТІВ БУДІВНИЦТВА З УРАХУВАННЯМ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ ПІДРОЗДІЛАМИ БУДІВЕЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

Постановка проблеми та її зв'язок з важливими науковими завданнями. З переходом України до моделі відкритої ринкової конкуренції, істотно змінилися і ускладнилися умови реалізації та освоєння проектів будівельної галузі, що викликано, як збільшенням різноманітності організаційно-управлінських форм впливу на середовище проекту, так і змінами законодавчої та фінансово-економічної сторін функціонування ринку будівельних послуг. Безумовно, вищезазначені тенденції впливають на діяльність будівельних організацій та підприємств, по-перше на якість проектних рішень, які багато в чому визнають можливість застосування ефективних технологічних процесів. Поряд із собівартістю будівельно-монтажних робіт і тривалістю будівництва на стадії проектування формується вектор основних показників діяльності будівельних підприємств.

Задача оптимального розподілу робіт між підрозділами будівельного підприємства виникає в тому випадку, коли в організації є декілька підрозділів, які мають у своєму розпорядженні ресурси одного виду та потрібно розподілити обсяги БМР між підрозділами, так щоб забезпечити максимально рівномірне завантаження всіх підрозділів.

Таким чином, на стадії планування виникає потреба оптимального розміщення робіт між підрозділами будівельного підприємства та створення такої методології, що дозволить підприємству перебудувати свою стратегію і тактику таким чином, щоб вижити і отримати підсумковий позитивний результат своїх дій.

Аналіз літературних джерел. При розв'язанні проблем пошуку ресурсно-календарних планів освоєння об'єктів будівництва підрядними організаціям, що представлені в даній роботі використовувались, насамперед, результати узагальнень, наведені в наступних роботах: Антипенка Є. Ю. [1], Белокоця А. І., Бушуєва С. Д.[2], Доненка В.І. [3], Кірноса В. М., Лагутіна Г. В. [6], Млодецького В.Р. [4], Поколенка В. О. [6], Радкевича А. В., Тугая О. А. [7], Тяна Р. Б. [5], Ушацького С. А., Шутенка Л. М., а також в роботах їх учнів. Вони довели, що метод організації робіт може виступати як параметр варіації при оптимізації календарних планів реалізації робіт. Для простих критеріїв існують методи, в яких апріорі закладено оптимізаційний принцип формування календарних планів, до таких можна віднести метод критичного шляху, який знаходить мінімум загальної тривалості робіт, і методи з безперервним використанням ресурсів і фронтів робіт [1]. Проте, можна також навести чимало методів, щодо яких апріорі неможливо визначити їх оптимальність навіть по відношенню до простих (загальноприйнятих) критеріїв.

Мета дослідження полягає у розробці моделі розподілу організаційно-технологічного навантаження між підрозділами будівельної організації з врахуванням її у методиці побудови та оптимального плану освоєння будівельних проектів організацією-підрядником.

Основний матеріал дослідження.

Для вирішення задач дослідження, припустимо, що у будівельної організації є ***x*** підрозділів, які мають потужності ресурсів одного виду для виконання БМР. Позначимо $\breve{O}_i$ обсяг робіт, який може виконати *i*-ий підрозділ, O_i – обсяг *i*-ої роботи, $i = (1, h)$. Потрібно розподілити роботи між підрозділами, так, щоб завантаження підрозділів (або їх перевантаження) було максимально рівномірним. Позначимо $k(ij) = 1$ якщо *i*-а робота виконується підрозділом *j*, $k(ij) = 0$ у противному випадку. Тоді рівень завантаження (перевантаження) підрозділу ***i*** можна оцінити величиною:

$$\Psi_i = \breve{O}_i^{-1} \sum_j \upsilon_i \cdot k(ij) \qquad (1)$$

Задача полягає в розподілі робіт за підрозділами так, щоб мінімізувати:

$$min \Leftarrow \max_i \breve{O}_i^{-1} \sum_j \upsilon_i \cdot k(ij) \qquad (2)$$

Розглянемо спочатку окремий випадок, коли $\breve{O}_i = \breve{O}$ для всіх *i*. У цьому випадку задача, що роз-

[1] Доненко В.І., к.т.н., доц. (ЗДІА, м. Запоріжжя).

глядається зводиться до класичної «*задачі про каміння*».

Розглянемо постановку «*задачі про каміння*». Є *h* «*каменів*» різної ваги. Потрібно розбити їх на *n* груп (куп) так, щоб максимальна вага каменів у групі була мінімальною. Задача про каміння має численні варіанти застосування (рівномірний розподіл робіт між виконавцями, функцій за підрозділами організаційної структури і т.д.) [3]. Дамо формалізовану постановку даної задачі.

Задача 1. Позначимо через Ω_i - вагу 1-го каменя, $k(ij)=1$ якщо камінь ***i*** потрапив в *j*-у купу, $k(ij)=0$ у противному випадку. Сумарна вага каменів у *j*-йгрупі дорівнює:

$$П_j = \sum_i \Omega_i \cdot k(ij) \qquad (3)$$

Максимальна вага групи:

$$П = \max_j \sum_i \Omega_i \cdot k(ij) \Rightarrow min \qquad (4)$$

Оскільки кожен камінь повинен бути розміщений тільки в одну групу, маємо обмеження:

$$\sum_j k(ij) = 1, i = (1, h) \qquad (5)$$

Задача полягає в мінімізації (4) при обмеженнях (5). Розглянемо допоміжну задачу такого вигляду:

Задача 2. Фіксуємо допустиму вагу кожної групи *П* і сформулюємо наступну задачу: максимізувати суму ваги каменів, що розміщено у ящиках місткістю *П*:

$$F = \sum_{i,j} \Omega_i \cdot k(ij) \Rightarrow max \qquad (6)$$

при обмеженнях:

$$\sum_i \Omega_i \cdot k(ij) \le П,\ j = (1, n) \qquad (7)$$

Зв'язок між задачами (4) - (5) і (5) - (7) очевидний. Мінімальна ***П***, при якому в оптимальному вирішенні задачі 2 розміщені всі камені, визначає оптимальне рішення задачі 1.

Спочатку формується сітьове представлення [1] задачі 2, для випадку $h = 3$, $n = 2$. Оскільки структура сітьового подання має вигляд сітки, а не дерева, то для побудови оціночної задачі розділяємо кожну вершину, нижнього рівня на дві вершини.

Аналогічно для кожної вершини нижнього рівня все ділимо на дві частини r_i і b_i так, щоб:

$$r_i + b_i = \Omega_i, \forall (i, j) \qquad (8)$$

Таким чином, розглянемо наступні дві задачі.

Перша задача. Визначити $k(ij)$ так, щоб максимізувати:

Фіксуємо величину *Q* і визначаємо максимальний номер *l* такий, що $Q \le A_l$. Розглядаємо наступну задачу лінійного програмування у якій необхідно визначити $0 \le m(i) \le \eta_i$, $i = (1, l)$, та мінімізується наступна цільова функція:

$$max \Leftarrow \sum_{i,j} r_{ij} \cdot k(ij) \qquad (9)$$

при обмеженнях (5).

Друга задача. Максимізувати:

$$max \Leftarrow \sum_{i,j} b_{ij} \cdot k(ij) \qquad (10)$$

при обмеженнях (7).

Позначимо $\Phi_{opt}(r)$ та $\mathrm{B}_{opt}(b)$ оптимальні рішення першої та другої задач при заданих *r* і *b*. Оціночна задача полягає у визначенні $\{r_i\}$ і $\{b_i\}$, які мінімізують:

$$\Psi(r, b) = \Phi_{opt}(r) + \mathrm{B}_{opt}(b) \qquad (11)$$

при обмеженні (8).

Зазначимо, по-перше, що в оптимальних рішеннях першої та другої задач можна прийняти: $r_{ij} = m(i), b_{ij} = \eta_i - m(i),\ j = (1, n)$

По-друге, рішення першої задачі вочевидь:

$$\Phi_{opt}(k) = \sum_i m(i) \qquad (12)$$

По-третє, рішення *n* других задач при заданих $\{m(i)\}$ зводиться до вирішення однієї задачі про ранець: визначити $k(i) = (0, 1)$, які максимізують:

$$\sum_i k(i) \cdot (\eta_i - m(i)) \qquad (13)$$

при обмеженні:

$$\sum_i k(i) \cdot \eta_i \le П \qquad (14)$$

Вирішимо задачу (13) і (14) при $m(i) = 0$, $i = (1, h)$**.**

Позначимо через $M(\breve{O}) = M(\breve{O}_j)$ множину векторів *k*, які задовольняють умові (14) та упорядковані за убуванням при $A_j = \Sigma\eta_i \mid i \in M(\breve{O}_j)$, $X_j = \Sigma m(i) \mid i \in M(\breve{O}_j)$, тоді:

$$Q = \max_j (\mathrm{A}_j - \mathrm{X}_j) \qquad (15)$$

Зазначимо, що при заданих $\{m(i)\}$ *Q* визначає оптимальне рішення кожної з *m* других задач. Оцінка (11) при цьому дорівнює:

$$\Psi(m) = n \cdot Q + \sum_i m(i) \qquad (16)$$

де $m(i) \ge 0$ задовольняють нерівностям:

$$\mathrm{A}_j \le \sum m(i) + Q \,\Big|\, i \in M(\breve{O}_j), \quad j = (1, \mathrm{K}) \qquad (17)$$

де *K* - число різних рішень нерівності (14). Таким чином, задача звелася до визначення $0 \le m(i) \le \eta_i$, $i = (1, h)$ та $0 \le Q \le A_i$ які максимізують (16) при обмеженнях (17), а це звичайна задача лінійного програмування, для якої існує безліч методів вирішення.

$$\mathrm{X}(Q) = \sum_i m(i) \Rightarrow min \qquad (18)$$

при обмеженнях (17), де $j = (1, l)$. Двоїста задача при цьому буде мати наступний вигляд, ко-

ли необхідно визначити $r_i \geq 0$, $j=(1, l)$, при максимізації $\sum_{j=1}^{l}(A_j - Q)\cdot r_j$ та обмеженнях: $\Sigma r_i \leq 1 \mid j \in M(P_i)$, $j=(1, h)$, де $M(P_i)$ - безліч j, містять камінь i.

Позначимо через $X_0(Q)$ мінімальне значення $X(Q)$. Оціночна задача зводиться до мінімізації функції одного змінного:

$$X_0(Q) + n \cdot Q \to \min \qquad (19)$$

Беремо $П_0 = H / n$, де $H = \sum_i \eta_i$, і вирішуємо задачу 2. Якщо $F_{max}(П_0) < H$, то збільшуємо $П_0$ до $П_1$ так, щоб з'явився хоча б один новий вектор $M(Ǒ_j)$. Якщо $F_{max}(П_1) < H$, то продовжуємо збільшення $П$ до тих пір, поки не отримаємо величину $П_l$ таку, що $F_{max}(П_l) \geq H$. Величина $П_l$ є нижньою оцінкою для задачі 1.

Таким чином, доведено, що розглянута оптимізаційна задача практично зводиться до вирішення задачі розподілу ресурсів та для її вирішення можна застосувати метод меж і гілок, що буде покладено в основу запропонованої методики раціонального освоєння об'єктів будівництва. В першу чергу, за основу покладено той факт, що при будь-якому об'єднанні будівельних об'єктів в комплекс на порядок їх освоєння накладаються топологічні обмеження. Облік цих обмежень, з одного боку, зменшує обчислювальну складність розв'язуваної задачі, а з іншого боку збільшує її алгоритмічну складність.

Наприклад, прибудоване приміщення не може бути побудовано раніше основного об'єкта, або для того, щоб побудувати «вставку», необхідно завершити роботи по 2-х основних об'єктах. Тут має місце конструктивно-технологічна залежність послідовності будівництва об'єктів. Іншим типом обмеження може стати експлуатаційна залежність, наприклад, будівництво деякого соціального об'єкта, може залежати від черговості введення житла та інше. Можливо і обмеження на абсолютне значення черговості будівництва того чи іншого об'єкта, наприклад, об'єкт, що має третій індекс, повинен бути побудований у першу чергу. Тобто, обчислювальна складність задач комбінаторної оптимізації різко зростає зі збільшенням числа об'єктів, але вона також різко зменшується зі збільшенням числа обмежень.

Запропонований інструментарій складається із розробленого алгоритму оптимізації черговості освоєння об'єктів з урахуванням обмежень на порядок їх освоєння та моделі розподілу організаційно-техноло-гічного навантаження між підрозділами будівельної організації.

Блок-схема розробленої методики комбінаторної оптимізації представлена на рис.1. У загальному вигляді методика містить в собі 11 функціональних етапів:

1. Формування матриці тривалостей БМР кожного об'єкту.
2. Формування матриці абсолютних обмежень.
3. Формування матриці відносних обмежень.
4. Формування загального масиву перестановок.
5. Ітераційний підпроцес вилучення альтернатив із загального масиву перестановок, які не задовольняють абсолютним обмеженням.
6. Ітераційний підпроцес вилучення альтернатив із загального масиву перестановок, які не задовольняють відносним обмеженням.
7. Формування матриць-альтернатив допустимих перестановок.
8. Розрахунок матриць-варіантів за заданим методом організації БМР.
9. Розрахунок базисних оціночних критеріїв для матриць-варіантів організації БМР об'єктів.
10. Визначення масивів, що відповідають екстремальній черговості робіт.
11. Формування остаточного ресурсно-календарного плану освоєння будівельних об'єктів з урахуванням організаційно-технологічного навантаження між підрозділами будівельної організації.

Наведемо детальніший аналіз окремих етапів розробленого алгоритму запропонованої методики комбінаторної оптимізації.

Етап 1 - Формування матриці тривалостей робіт. Позначимо тривалість ***j***-ої роботи на ***i***-му об'єкті через $П_{ji}$.

Оскільки відомо, що встановлення черговості регламентується проводити в проекті організації будівництва і рекомендується при цьому використовувати норми тривалості будівництва, то у відповідність з цим визначаємо обов'язковий діапазон видів робіт відповідними індексами. Індекси фронтів робіт, визначимо діапазоном від 1 до 8. В якості одиниці вимірювання тривалості робіт використовуємо усереднений календарний місяць, у якому міститься 21 робочий день.

Етап 2 – Формування матриці абсолютних обмежень. Матриця цього етапу містить рядки, що визначають черговість освоєння об'єктів, в діапазоні від 1 до 8 і стовпці, що визначають закріплення об'єктів за абсолютними чергами.

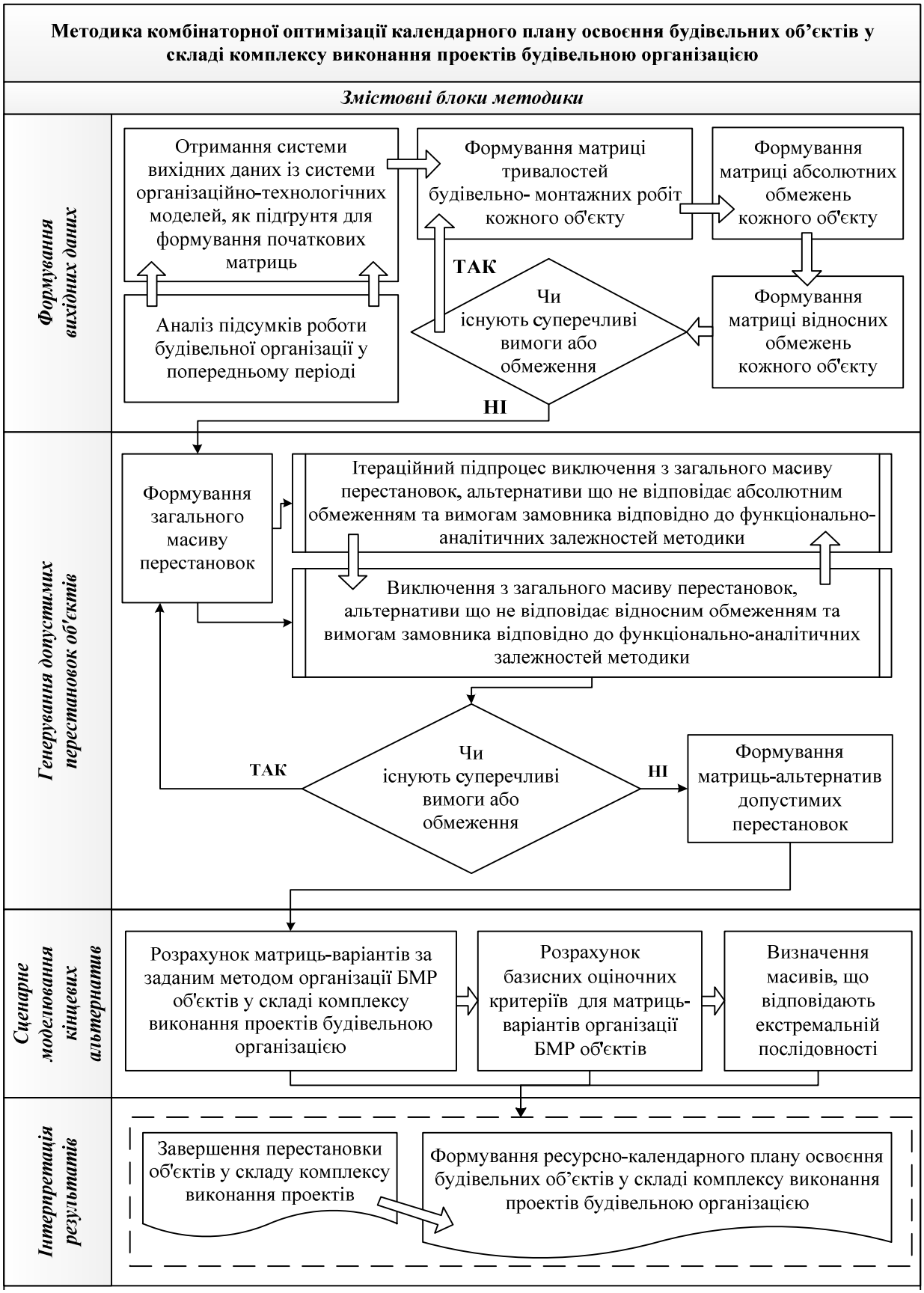


Рис. 1. Принципова блок-схема комбінаторної оптимізації календарного плану освоєння будівельних об'єктів у складі комплексу виконання проектів будівельною організацією.

Належність об'єкту заданій черзі визначається булевою змінною $БЗ_{ik}$, яка може мати кількісну інтерпретацію: **1** – є приналежність, **0** - приналежності немає. Так як однієї черги може належати не більше одного об'єкта, а одному об'єкту може відповідати не більше однієї черги, то, отже, перевірка логічної правильності вказівки абсолютних місць у черзі буде визначатися наступними умовами: суми булевих змінних по рядках і одночасно по стовпцях не повинні перевищувати одиницю. Якщо це не виконується, то абсолютні обмеження суперечливі і потрібно повернення до їх редагування.

Етап 3 - Формування матриці відносних обмежень. Матриця цього етапу містить рядки, що визначають попередні об'єкти, і стовпці, що визначають наступні об'єкти. Бінарне (для двох об'єктів) відношення передування визначає, що будівництво одного з об'єктів має розпочатися раніше будівництва іншого об'єкта, при цьому не визначається, наскільки раніше. Перевірка логічної коректності здійснюється після виконання шостого етапу. Це пов'язано зі створенням процедури, що має мінімальну алгоритмічну складність. Насправді, якщо відносні обмеження суперечливі, то це призведе до того, що число допустимих варіантів дорівнюватиме нулю і тоді стає зрозумілим джерело цього протиріччя.

Етап 4 – Формування загального масиву перестановок. Дана процедура є початковою в блоці – генерування допустимих перестановок об'єктів. Формування загального масиву проходить без урахування топологічних обмежень для визначеного матрицею тривалостей робіт загального числа об'єктів. Алгоритм формування зводиться до наступних операцій. Для числа об'єктів $\tilde{U} = 1$, число перестановок дорівнює одиниці. Для числа об'єктів $\tilde{U} = 2$ число перестановок визначається додаванням 2-го індексу праворуч і ліворуч від попереднього фронту, тобто, отримуємо 2 перестановки **1 < 2** і **2 > 1**. Для числа фронтів $\tilde{U} = 3$ додаємо третій індекс зліва, справа і в середину кожної з 2-х попередніх послідовностей і отримуємо 6 перестановок: **3 < 1 < 2, 1 < 3 < 2, 1 < 2 < 3**, **3 < 2 < 1, 2 < 3 < 1, 2 < 1 < 3**. І так далі - до заданого числа фронтів робіт (об'єктів).

Етап 5 – Ітераційний підпроцес вилучення альтернатив із загального масиву перестановок, які не задовольняють абсолютним обмеженням. Відповідно до даної процедури, здійснюється порядковий перегляд матриці, що визначає абсолютні місця у загальній черзі. Якщо переглянуте місце закріплено за об'єктом, то із загального масиву перестановок виключаються всі варіанти, які не задовольняють цій умові. Алгоритмічно це відповідає постановці унікальної мітки для виключеного варіанту. Процедура повторюється по всіх заданим чергам, залежних від загального числа об'єктів будівельного комплексу.

Етап 6 - Ітераційний підпроцес вилучення альтернатив із загального масиву перестановок, які не задовольняють відносним обмеженням. Відповідно до даної процедури, здійснюється порядковий перегляд матриці, що визначає відносні місця. Якщо в масиві загальних перестановок не задовольняється умова передування, то даний варіант виключається за допомогою постановки унікальної мітки (аналогічно попередньому етапу). Процедура повторюється по всім заданим елементам матриці відносних обмежень, що залежать від загального числа об'єктів будівельного комплексу.

Етап 7 - Формування матриць-альтернатив допустимих перестановок. Відповідно до даної процедури, на підставі масиву припустимих перестановок формуються матриці-розкладу робіт, що розраховуються за заданим методом організації робіт у восьмому етапі. Формування проводиться за допомогою закріплення тривалостей робіт за кожним об'єктом на місці, визначеному припустимим варіантом перестановки фронтів робіт. Перед цим етапом здійснюється процедура встановлення допустимого числа варіантів, згідно з якою визначається логічна коректність відносних обмежень. Якщо коректність не підтверджується, то відбувається повернення до етапу редагування відносних обмежень.

Етап 8 - Розрахунок матриць-варіантів допустимих перестановок за заданим методом організації БМР. Відповідно до даної процедури необхідно визначитися з методом розрахунку організації робіт. Розроблений алгоритм орієнтований на його використання в комп'ютерних прикладних програмах, розрахунок ресурсно-календарних планів у яких здійснюється на основі методу критичного шляху. Проте, згідно даного методу розрахунку можуть виникати перерви при плануванні виконання робіт всередині окремих об'єктів. На цю обставину звернуто увагу в роботі [3] і для ліквідації даного негативного ефекту запропоновано використовувати метод з безперервним освоєнням фронтів робіт, тому у розробленому алгоритмі запропоновано об'єднати переваги обох методів.

Згідно норм тривалості будівництва житлових і громадських будівель та аналізу підсумків роботи будівельних організацій при виконанні БМР, роботи зі зведення надземної частини будівлі мають найбільшу тривалість. З цього маємо, що переважно ці роботи будуть входити в так званий критичний шлях. Отже, для того щоб забезпечити безперервність виконання робіт на кожному

об'єкті необхідно і достатньо накласти наступні обмеження. Терміни виконання підготовчих та підземних робіт потрібно планувати як можна раніше, а терміни виконання оздоблювальних робіт потрібно планувати як можна пізніше. При виконанні цих обмежень метод критичного шляху та метод безперервного освоєння фронтів робіт повністю конвергують між собою.

Етап 9 – Розрахунок базисних оціночних критеріїв для матриць-варіантів організації БМР об'єктів. Якщо обмежитися критерієм загальної тривалості комплексу робіт, то, з урахуванням специфіки розглянутої задачі, для нього можна розробити нескладний ефективний оптимізаційний алгоритм. Проте, якщо орієнтуватися на багатокритеріальність сучасного організаційно-економічного середовища проекту, то створення універсального і водночас ефективного алгоритму - задача досить складна. Тому необхідно скористатись алгоритмом повного перебору варіантів робіт. Це означає, що кожен варіант може бути оцінений за допомогою розроблених критеріїв.

Етап 10 – Визначення масивів, що відповідають екстремальній черговості робіт. На даному етапі визначаються всі варіанти екстремальних перестановок, тобто такі, що відповідають максимальним та мінімальним значеннями базисних оціночних критеріїв. Разом з цим визначається і повне число екстремальних варіантів.

Етап 11 – Формування остаточного ресурсно-календарного плану освоєння будівельних об'єктів з урахуванням організаційно-технологічного навантаження між підрозділами будівельної організації. Остаточним етапом є завершення перестановки об'єктів у складу комплексу виконання проектів та формування ресурсно-календарного плану освоєння будівельних об'єктів у складі комплексу виконання проектів будівельною організацією.

Висновки

Наведений аналіз показав, що однією зі складових успішного розвитку будівельної організації є здатність побудови ефективних планів розвитку, що ґрунтуються на раціональній та виваженій стратегії розвитку та участі і виконанні запланованих будівельних проектів. Сформульована в статті модель оптимального розподілу БМР між підрозділами будівельної організації забезпечує максимально рівномірне завантаження всіх її підрозділів. Запропонований підхід відрізняється врахуванням продуктивності кожної одиниці ресурсів, що використовуються, дозволяє досягти найбільш близького до рівномірного розподілу ресурсів будівельної організації та застосовувати його при створенні методики побудови та визначенні оптимального плану освоєння будівельних проектів організацією-підрядником, з урахуванням наявності зовнішніх обмежень та впливу екзогенного середовища.

Література

1. *Антипенко Є.Ю.* Організаційно-технологічне моделювання підготовки та впровадження будівельних проектів: Монографія / Є.Ю. Антипенко. – Запоріжжя: Вид-тво «РДЦ Дизайн Груп», 2010.–386 с.
2. *Бушуев С.Д.* Креативные технологии в управлении проектами и программами / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева, И.А. Бабаев и др. – К.: Саммит книга, 2010. - 768 с.
3. *Доненко В.І.* Науково-теоретичні основи адаптації організації підготовки будівництва / В.І. Доненко // Ежегодный научно-технический сборник «Современные проблемы строительства». – Донецк: Донецкий Пром-стройНИИпроект, - 2010. - №13. - С.47-54.
4. *Млодецкий В.Р.* Управленческая реализуемость строительных проектов. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2005. – 262 с.
5. Основы конкурентных преимуществ и инновационного развития: монография / Б.И. Холод, В.А. Ткаченко, Р.Б. Тян и др. - Д.: Монолит, 2008. - 475 с.
6. Теоретичні основи, методологія та практика ухвалення управлінських рішень у будівництві / В.О. Поколенко, О.А. Тугай, Г.В. Лагутін та ін. // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин. - К.: КНУБА, 2008. - Вип.18. - С. 71-89.
7. *Тугай О.А.* Система адаптації організації будівництва до євростандартів: автореф. дис... д-ра техн. наук: 05.23.08 / О.А. Тугай; Харк. держ. техн. ун-т буд-ва та архіт. - Х.: ХДТУ БА, 2008. - 33 с.

УДК 691.32

Голубничий А.В.[1]

ОСОБЛИВОСТІ ВЛАСТИВОСТЕЙ БЕТОНІВ НА ЦЕМЕНТАХ З ЗАЛІЗОВМІСНИМИ ШЛАКАМИ

Вступ. Проблема застосування кольорових шлаків в теперішній час відноситься до актуальних з наукової, технічної і екологічної точок зору. Поряд з тим, що вони являють собою цінну сировину, їх розміщення і зберігання призводить до значних фінансових витрат і забруднення оточуючого середовища.

В Україні та інших державах СНД проведені значні наукові роботи по вирішенню питання їх комплексного використання [1, 2, 3]. Внаслідок їх виконання розроблені технології виробництва мінеральної вати, литих виробів і деяких інших матеріалів. Що дозволяє частково корисно їх застосовувати. Цьому також повинно сприяти широке впровадження таких речовин у технології цементів і бетонів різного функціонального призначення.

Головним завданням цієї роботи є дослідження впливу виду і кількості введених кольорових шлаків на властивості бетонів на цементах з їх застосуванням.

Метою роботи є дослідження фізико-механічних властивостей, морозостійкості і сульфатостійкості важких бетонів на цементах з портландцементним клінкером і кольоровими шлаками.

Дослідження виконані по стандартним методикам.

Хімічний склад застосованих при проведені досліджень кольорових шлаків наведено у табл.1, а мінеральний склад портландцементних клінкерів – табл.2.

Закономірності змін властивостей важких бетонів на цементах з портландцементним клінкером і кольоровими шлаками визначали при змінах у них вмісту останніх у межах 0...50 мас.%, питомої поверхні цементів – 250...400 м^2/кг.

Виклад основного матеріалу. При дослідженні цементів з кольоровими шлаками визначено, що при збільшенні у останніх концентрації оксидів заліза, у тому числі FeO має місце наступне.

Подовжуються строки початку і кінця тужавлення цементних паст. Що особливо виразно спостерігається при збільшенні концентрації таких оксидів у цих шлаках вище за 30 мас.% і при зменшенні у останніх такої SiO_2, нижче за 35 мас.%.

Таблиця 1

Хімічний склад кольорових шлаків

№ п/п	Вид шлаків	*Вміст основних оксидів, мас.%*				
		SiO_2	*Al_2O_3*	*FeO*	*CaO*	*MgO*
1	Побужський	51.95	6.65	11.60	22.85	6.55
2	Режський	44.85	8.25	18.20	19.45	7.65
3	Уфалійський	43.15	7.90	21.95	17.25	8.00
4	Северонікелю	41.05	7.65	25.60	15.35	7.95
5	Константинівський	29.95	8.25	31.80	13.85	8.10
Примітка: вміст Fe_2O_3, мас.%: 0.90 (шлак №4), 1.65 (шлак №5)						

Таблиця 2

Мінеральний склад клінкерів

№ п/п	Вид клінкеру	Мінеральний склад, мас. %			
		C_3S	C_2S	C_3A	C_4AF
1	Амвросіївський	57.00	25.00	4.40	11.06
2	Кам'янець-Подільський	58.00	17.00	8.20	13.00

Це пов'язано з тим, що у початковій період гідратації цементів, при таких змінах складів залізовмісних речовин, когезійна взаємодія у цементних пастах послаблюється .

Міцність цементних каменів складним чином пов'язана з умовами і тривалістю їх твердіння, вмістом у цементах залізовмісних речовин. Так після твердіння цементних каменів на протязі 3 діб у нормальних умовах їх міцність, при збільшенні у складі цементів вмісту кольорових шлаків від 0 до 50 мас.%, змінюється зворотно. При чому залежності між міцностями і вмістами у цементах кольорових шлаків носять близький до прямо-пропорційного характер. Це підтверджує те, що стекла, які входять до складу цих залізовмісних речовин не значно активуються продуктами гідратації портландцементного клінкеру при температурі 293К на протязі 3 діб.

У цементних каменях після ТВО спостерігаються криволінійні залежності між показниками їх міцності і вмістом у цементах кольорових шлаків. Це свідчить про те, що силікатні і алюмосилікатні стекла шлаків у таких умовах твердіння цементних каменів активуються і виявляють в'яжучі властивості внаслідок сумісної дії температурного фактору і продуктів гідратації портландцементного клінкеру.

Подібні залежності між вмістами у цементах кольорових шлаків і показниками міцності цементних каменів спостерігається і після 28 діб твердіння останніх у нормальних умовах.

У взятого для порівняння шлакопортландцементу з гранульованим доменним шлаком криволінійна залежність між міцністю цементного каменю і вмістом у складі в'яжучого шлаку спостерігається при твердінні останнього як у нормальних, так і в умовах тепло-вологої обробки.

Міцність цементних каменів після їх твердіння на протязі 28 діб тільки у нормальних умовах або спочатку при ТВО, а потім у нормальних умовах загалом збільшується при зворотних змінах концентрацій оксидів заліза у залізовмісних речовинах цементів. Це особливо виразно спостерігається при зменшенні концентрації таких оксидів, у тому числі FeO, у кольорових шлаках нижче за 30 мас.%. Показник підвищується при наближені складів стекол кольорових шлаків до кристалічних фаз у ряду $CF'S_2$>CF'S> F'S>F_2'S.

Особливостями хімічного складу гранульованих шлаків кольорової металургії, які відрізняють їх від більшості силікатної і алюмосилікатної техногенної сировини, яка використовується при виробництві цементів загально-будівельного призначення, є підвищений вміст оксиду двовалентного заліза, а фазового – склоподібних фаз. Ці відмінності цих шлаків впливають на властивості таких цементів крізь зміни у продуктах їх гідратації вмісту гідросилікатів кальцію.

При визначенні впливу початкової температури цементного тіста на зміни його властивостей встановлене наступне. Водопотреба цементного тіста нормальної густини збільшується при зростанні його початкової температури. Це особливо суттєво спостерігається при збільшенні останньої вище за 313К. Водопотреба цементного тіста нормальної густини залежить від їх початкової температури у значно більшій мірі, ніж від виду шлаків, які входять у склад цементів, питомої поверхні останніх.

Строки початку і кінця тужавлення цементного тіста нормальної густини скорочуються при збільшенні їх початкової температури. Це особливо суттєво спостерігається при збільшенні останньої вище за 313К. Строки початку і кінця тужавлення цементних паст нормальної густини також залежать від їх початкової температури у значно більшій мірі, ніж від виду шлаків, які входять у склад цементів, питомої поверхні останніх.

Результати, які отримані при визначенні впливу початкової температури цементного тіста на його властивості пояснюються наступним. Так, хімічна взаємодія клінкерних мінералів з водою починається миттєво після їх взаємного контакту з утворенням високо-лужного середовища, у якому накопичуються конструкційні іони (Ca^{2+}, SO_4^{4-}, OH^-, H^+ і інші) і продукти гідратації клінкерних мінералів. У подальшому стекла шлаків, склад яких наближується до кварцу або CS починають взаємодіяти з конструкційними іонами. На поверхні останніх, на відміну від інших стекол цих шлаків, переважно конденсуються продукти гідратації клінкерних мінералів. Прискоренню проходження цих елементарних актів, при підвищенні початкової температури цементного тіста, призводить до іммобілізації вільної води, збільшенню зчеплення у цементних пастах.

При підвищенні терміну гідратації цементів наведені елементарні акти постійно повторюються, а швидкість їх протікання вже залежить не тільки від кінетичних факторів – швидкості взаємодії води із складовими клінкерів і шлаків, або конструкційних іонів між собою і з компонентами шлаків, а і від дифузійних – швидкостей транспортування H^+ і OH^- крізь шар гідратних новоутворень в реакційну зону і гідратних новоутворень крізь водний розчин і їх конденсації на активних центрах поверхні частинок шлаків. При збільшенні початкової температури цементних паст швидкість дифузійних процесів також зростає. Що і призводить до скорочення строків початку і кінця тужавлення цементного тіста, індукційного періоду його структуроутворення.

При дослідженні впливу температури ізотермічного прогріву на міцність цементних каменів встановлено, що вона, при використанні у цементах будь-якого із застосованих кольорових шлаків, при збільшенні температури ізотермічного прогріву зростає як безпосередньо після ТВО, так і після наступного твердіння цементних каменів у нормальних умовах. При цьо-

[1] Голубничий А.В. к.т.н доц. КНУБА

му спостерігається підвищення співвідношення між міцностями цементних каменів при стиску і згині. Також визначено, що міцність цементних каменів на цементах із застосуванням цих шлаків після їх твердінні в умовах ТВО змінюються у меншій мірі, ніж таких на цементах із застосуванням доменних гранульованих шлаків.

Наявність у продуктах гідратації цементів із застосованими залізовмісними речовинами низькоосновних гідросилікатів кальцію і гідросульфоалюмінатів кальцію, відсутність нових, крім існуючих у вихідних шлаках сполук тривалентного заліза свідчить про те, що при твердінні цементів у нормальних умовах або при ТВО FeO як у склоподібних, так і кристалічних фазах є стійким. Отже взаємодія цих залізовмісних шлаків з водою і продуктами гідратації клінкерних мінералів відбувається за рахунок хімічної і теплової активації стекол, близький порядок структур яких наближується до таких у силікатів кальцію або кварцу.

Отримані результати досліджень властивостей цементного тіста і каменів у різних умовах твердіння дозволяють пояснити те, що при підвищенні у залізовмісних шлаках концентрації оксидів дво- і тривалентного заліза, за рахунок зменшення такої оксидів кремнію або кальцію гідравлічна активність цементів з застосуванням залізовмісних шлаків кольорової металургії знижується. Це обумовлено зменшенням здатності цих залізовмісних речовин, при таких змінах їх складів, до фізичної і хімічної взаємодій з водою і продуктами гідратації клінкерних мінералів.

Дослідження адсорбційної і гідратаційної активності цементів із застосуванням залізовмісних шлаків кольорової металургії; процесів тужавлення цементного тіста; твердіння цементних каменів дозволяють вважати ймовірним наступний механізм гідратації таких цементів. Так початковим його етапом є взаємодія клінкерних мінералів з водою. Гідратація цих залізовмісних шлаків проходить у такій послідовності: адсорбція води на активних центрах і їх збудження; транспортування іонів H+ і OH- у реакційну зону; розривання зв'язків Si-O-Si, Si-O-Al, Si-O-Ca на поверхні шлаків; взаємодія груп SiO_4^{4-}, AlO_4^{5-}, Ca^{2+}, OH–, SO_4^{4-} з утворенням шарів із гідросилікатів і гідросульфоалюмінатів кальцію; адсорбція на останніх продуктів гідратації клінкерних мінералів; утворення із продуктів гідратації плівок; транспортування протонів і OH- груп крізь шари новоутворень у реакційну зону; утворення гідратаційних фаз під шарами початкових новоутворень на частинках шлаків.

Досліджено вплив кольорових шлаків на експлуатаційні властивості бетонів на цементах з їх застосуванням: міцність при твердінні на протязі 10 років, сульфатостійкість, морозостійкість. Вони залежать від вихідного складу цементів; водоцементного співвідношення; умов твердіння та інших факторів.

Встановлено, що при подовженні терміну твердіння цементних каменів у нормальних умовах від 1-ї до 3650 діб їх загальна пористість зменшується. Це обумовлено підвищенням у них вмісту гідратних новоутворень. При збільшенні у залізовмісних шлаках цементів концентрації оксидів заліза загальна пористість цементних каменів збільшується. Це особливо виразно спостерігається при зростанні концентрації таких оксидів у залізовмісних речовинах вище за 30 мас.%. По впливу на зменшення пористості цементних каменів на цементах із цими шлаками оксиди системи „FeO – CaO – SiO_2" розташовуються у ряду: CaO > SiO_2> FeO. Пористість зменшується при наближені складів стекол залізовмісних шлаків до кристалічних фаз у ряду: $CF'S_2$> CF'S> F'S> $F_2'S$.

При збільшенні температури ізотермічного прогріву при ТВО від 323К до 365К загальна пористість цементних каменів підвищується. Причому особливо інтенсивно, якщо температура ізотермічного прогріву перевищує 358К. При збільшенні концентрації оксидів заліза у шлаках у цементних каменях, що тверділи у нормальних умовах, підвищується об'єм пор з розмірами радіусів у межах 10...1, 1...0.1 мкм, Це особливо виразно спостерігається при зростанні концентрації таких оксидів у залізовмісних шлаках вище за 30 мас.%. Подібне має місце і при підвищені температури ізотермічного прогріву при ТВО, особливо вище за 358К.

У цементних каменів, що тверділи у нормальних умовах або при ТВО, із збільшенням концентрації оксидів заліза у шлаках, знижується об'єм пор з розмірами радіусів у межах 0.01...0.001мкм і менше. Це особливо виразно спостерігається при зростанні концентрації таких оксидів у залізовмісних речовинах вище за 30 мас.%. Подібне характерно і при зменшенні концентрації SiO_2 нижче за 35 мас.%.

По впливу на підвищення об'єму таких пор у цементних каменях на цементах із залізовмісними шлаками оксиди системи „FeO – CaO – SiO_2" розташовуються у ряду: CaO> SiO_2> FeO. Об'єм таких пор зменшується при наближені складів стекол залізовмісних шлаків до кристалічних фаз у ряду: $CF'S_2$> CF'S> F'S> $F_2'S$. Пори з такими розмірами відносяться до гелевих і мають у своєму складі такі з діаметром близько 0.002 мкм, що є середнім розміром частинок CSH (I). Їх об'єм збільшується при зростанні температури ізотермічного прогріву при ТВО.

Міцність цементних каменів на цементах з вмістом 5...50 мас.% залізовмісних шлаків як при

згині, так і стиску стабільно зростала при їх твердінні у нормальних умовах на протязі 10 років. При підвищенні концентрації оксидів заліза у шлаках міцність цементних каменів після їх тривалого твердіння також зменшується. Це особливо виразно спостерігається при зростанні концентрації таких оксидів у шлаках вище за 30 мас.%. Подібне характерно і при зменшенні концентрації SiO_2 нижче за 35 мас.%.

По впливу на підвищення міцності цементних каменів на цементах із кольоровими шлаками після їх тривалого твердіння оксиди системи „FeO – CaO – SiO_2" розташовуються у ряду: CaO> SiO_2> FeO. Міцність цементних каменів змінюється при наближені складів стекол залізовмісних шлаків до кристалічних фаз у ряду: $CF'S_2$>CF'S> F'S>F_2'S.

Залежності міцності цементних каменів на цементах із цими залізовмісними шлаками від тривалості їх твердіння характеризуються наявністю таких етапів: найбільшої швидкості збільшення міцності (до 3-х діб твердіння), великої швидкості її збільшення (4...28 діб), посередньої швидкості її збільшення (29...180 діб), малої швидкості її збільшення (181...1080 діб), дуже малої швидкості збільшення міцності - тривалість твердіння в нормальних умовах перевищує 1081 добу. Це пов'язано з тим, що у перші 28 діб, а особливо 3 доби гідратації з водою переважно хімічно взаємодіють мінерали портландцементного клінкеру. У цей період на активних ділянках поверхні шлаків конденсуються продукти гідратації клінкерних мінералів, а в лужному середовищі - стекла шлаків, склади яких наближуються до метасилікату кальцію або кварцу, взаємодіють з конструкційними іонами, які утворюються внаслідок гідратації клінкерних мінералів. Це незначно впливає на підвищення міцності цементних каменів у зв'язку з невеликою кількістю виникаючих внаслідок такої взаємодії новоутворень. Що підтверджується тим, що кількість гідрооксиду кальцію після 28 діб гідратації цементів у нормальних умовах суттєво (у 2 рази і більше) переважає таку після 3-х діб їх гідратації.

При подовженні терміну твердіння від 29 до 180 діб вплив продуктів гідратації шлаків на зростання міцності цементних каменів значно посилюється. Це пов'язано із уповільненням взаємодії клінкерних мінералів з водою внаслідок утворення навколо частинок клінкеру щільних плівок із гідратних новоутворень. Про активізацію взаємодії конструкційних іонів і води з стеклами шлаків, склад яких наближується до кварцу або метасилікату кальцію, у цей період твердіння цементних каменів свідчить те, що кількість гідроксиду кальцію у останніх після 180 діб їх твердіння менша за таку після 28 діб, але більша, ніж після 3-х діб. Те, що гідроксид кальцію переважно взаємодіє із стеклами шлаків, склади яких наближуються до кварцу або метасилікату кальцію, і у меншій мірі з залізовмісними стеклами і кристалічними фазами, підтверджується результатами досліджень гідратаційної активності цементів з застосуванням цих залізовмісних кольорових шлаків.

При подовженні терміну твердіння цементних каменів від 361 до 1080 діб швидкість підвищення їх міцності подовжує уповільнюватись. При цьому має місце подальше переважне зв'язування гідроксиду кальцію стеклам шлаків, склади яких наближуються до кварцу і метасилікату кальцію. Це підтверджується меншою кількістю у цементним каменях після 1080 діб їх твердіння вільного гідроксиду кальцію у порівнянні з такою після 3-х діб.

У цей період твердіння цементних каменів FeO у залізовмісних стеклах шлаків є також хімічно стійким по відношенню до води і продуктів гідратації клінкерних мінералів. При подовженні термінів твердіння цементних каменів понад 1080 діб швидкість підвищення їх міцності суттєво уповільнюється. Це пов'язано з утворенням щільних плівок із гідратних новоутворень не тільки навколо клінкерних, а і частинок шлаків. Але вплив залізовмісних стекол шлаків на міцність цементних каменів подібний такому, який спостерігається при їх твердінні у межах 180...1080 діб.

Отримані результати досліджень непрямо свідчать про те, що у нормальних умовах твердіння на протязі навіть 10 років FeO у залізовмісних стеклах, близький порядок структур яких наближується до таких у піроксенів (геденбергіту, діопсиду), фаяліту, залізистих монтічеліту і акерманіту і однойменних кристалічних фазах, є стійким. Не спостерігається його перетворення у оксиди тривалентного заліза і їх сполуки.

Між міцністю і пористістю цементних каменів на цементах з цими залізовмісними шлаками при їх твердінні на протязі до 10 років, спостерігаються визначені експоненціальні залежності. Це пов`язано з тим, що при гідратації таких цементів синтезується різна кількість однакових новоутворень.

При дослідженні морозостійкості важких бетонів на цементах з застосованими залізовмісними речовинами визначено, що їх клас по морозостійкості залежить від виду застосованих шлаків і умов твердіння. Так показник після їх твердіння у нижче наведених умовах складає: в нормальних умовах – F100; після твердіння спочатку при ТВО з температурами ізотермічного прогріву у межах 323...358 К, а потім в нормальних умовах – F150; після твердіння спочатку при ТВО з температу-

рою ізотермічного прогріву у межах 363…368 К, а потім в нормальних умовах – F100.

Клас по морозостійкості важких бетонів на цементах з доменним шлаком після твердіння в нормальних умовах складає F150.

Коефіцієнт морозостійкості композиційних матеріалів підвищується при протилежних змінах концентрації оксидів заліза у залізовмісних речовинах за рахунок підвищення такої CaO або SiO_2. Подібне спостерігається і при зростанні температури ізотермічного прогріву при ТВО від 323 до 358К. При підвищенні температури ізотермічного прогріву при ТВО вище за 363К, клас важких бетонів по морозостійкості зменшується і дорівнює такому у бетонів, які тверділи тільки у нормальних умовах. Клас важких бетонів по морозостійкості на цементі з доменним шлаком після їх твердіння у нормальних умовах перевищує такий у бетонів на цементах з кольоровими шлаками, що тверділи у подібних умовах.

Морозостійкість композиційних матеріалів на цементах з кольоровими шлаками покращується при зростанні у них об'єму пор з розміром радіусів менше 0.001мкм. Такі зміни пов'язані із збільшенням у цементних каменях і важких бетонів в цілому вмісту низькоосновних гідросилікатів кальцію типу CSH(I).

Морозостійкість важких бетонів на цементах з залізовмісними шлаками також покращується при збільшенні у них об'єму пор з розмірами радіусів у межах 0.01...0.001 мкм. Такі зміни також частково пов'язані із збільшенням у цементних каменях і важких бетонів вмісту низькоосновних гідросилікатів кальцію типу CSH(I).

По впливу на підвищення морозостійкості цих композиційних матеріалів і цементних каменів на цементах із залізовмісними шлаками оксиди системи „FeO – CaO – SiO_2" розташовуються у ряду: CaO> SiO_2> FeO. Це особливо виразно спостерігається при зменшенні у залізовмісних шлаках концентрації SiO_2 нижче за 35 мас. % і збільшенні такої оксидів заліза, у тому числі FeO, вище за 30 мас.%.

Стійкість важких бетонів на цементах з цими шлаками до попеременного заморожування – відтаювання покращується при підвищенні температури ізотермічного прогріву при ТВО до 358К. При подальшому її зміні у цьому напрямку морозостійкість цих матеріалів зменшується.

Отримані результати досліджень свідчать про те, що найбільш негативно на стійкість важких бетонів на цементах з залізовмісними кольоровими шлаками до попеременного заморожування – відтаювання впливають пори з розмірами радіусів у межах 0.1...10 мкм, а найбільш позитивно – такі з розмірами менше 0.001мкм.

Виконані дослідження дозволили запропонувати імовірний механізм руйнування бетонів на цементах з застосуванням цих залізовмісних шлаків при їх по перемінному заморожуванні – відтаюванні, який полягає у наступному. При першому заморожуванні таких матеріалів у них у лід перетворюється вода, яка знаходиться у порах з розміром радіусів у межах 0.1...100мкм, які розташовані у поверхневих шарах. У подальшому границя заморожування води у порах таких розмірів переміщується у глибину матеріалу, а у поверхневих шарах починає замерзати вода у порах менших розмірів. Внаслідок наявності градієнтів температур між поверхневими і внутрішніми шарами у матеріалах при заморожуванні спостерігаються лінійні і об'ємні деформації. Причому на початку заморожування в поверхневих шарах матеріалів вони більші, ніж у внутрішніх. Це обумовлює виникнення внутрішніх напружень і призводить до початку деструкції поверхневих шарів матеріалів вже на початку їх першого заморожування. У подальшому градієнти температур у матеріалах зменшуються і більш вагоме значення має внутрішній тиск, який утворюється внаслідок розширення води при її перетворенні у лід, а деструкція поширюється і на глибинні шари матеріалів. Вона проходить по їх дефектним місцям, якими у матеріалів на цементах з застосуванням залізовмісних шлаків є місця контактів продуктів гідратації клінкерних мінералів з поверхнею частинок шлаків. Агресивній дії внутрішніх напружень протидіють когезійні і адгезійні сили зчеплення. При відтаюванні матеріалів деформації у них мають зворотній напрямок у порівнянні з такими при заморожуванні. Руйнуванню матеріалів по їх дефектним місцям внаслідок напружень, які обумовлені розширенням твердих компонентів матеріалів при відтаюванні, також протидіють адгезійні і когезійні сили зчеплення. Повторення циклів заморожування – відтаювання призводить до послаблення адгезійних і когезійних сил зчеплення, що фіксується зменшенням його міцності.

Сульфатостійкість цементних каменів на цементах з кольоровими шлаками покращується при підвищенні у останніх концентрації SiO_2 особливо вище за 35 мас. % і поменшанні такої оксидів заліза, у тому числі FeO, особливо нижче за 30 мас. %. По впливу на підвищення цього коефіцієнту у цементних каменів на цементах із залізовмісними шлаками оксиди системи „FeO – CaO – SiO_2" розташовуються у ряду: CaO> SiO_2> FeO.

Сульфатостійкістть цементних каменів на цих цементах зростає при підвищенні температури ізотермічного прогріву при ТВО від 333 до 368К.

У цементних каменях, які підлягають дії водного розчину Na_2SO_4, мають місце як конструктивні, так і деструктивні процеси. Перші пов'язані з подальшим продовженням хімічної взаємодії з водою не гідратованих клінкерних мінералів, а також різних аніонів і катіонів із стеклами залізовмісних шлаків, склади яких в першу чергу наближуються до такого у кварцу або метасилікату кальцію. Що сприяє зростанню сульфатостійкості цементних каменів і важких бетонів. Другі пов'язані з хімічною взаємодією гідроксиду і гідроалюмінатів кальцію з сульфатом натрію. Що призводить до синтезу у цементних каменях і бетонах єтрінгіту і, як наслідок, їх деструкції. Корозійна стійкість цементних каменів і важких бетонів на цементах з кольоровими шлаками підвищується при зв'язуванні гідроксиду кальцію у гідросилікати кальцію.

Отримані результати досліджень по визначенню сульфатостійкості цементних каменів і бетонів на цих цементах свідчать про стійкість FeO у стеклах шлаків, близький порядок структур яких наближується до таких у геденбергіту, фаяліту, залізистих монтічеліту і акерманіту до дії розчинів Na_2SO_4.

Висновки

1. Міцність цементних каменів і важких бетонів на цементах з кольоровими шлаками після їх твердіння на протязі 1...3650 діб тільки у нормальних умовах або спочатку при ТВО, а потім у нормальних умовах суттєво збільшується, а пористість – подібно зменшується при зростанні у цих залізовмісних речовинах концентрації SiO_2 за рахунок зниження такої загальної оксидів заліза. Такий вплив останніх послаблюється при зменшенні їх концентрації, у тому числі FeO, нижче за 30 мас.%.
2. Морозостійкість і сульфатостійкість цементних каменів і важких бетонів на цементах з кольоровими шлаками покращується при зростанні у шлаках концентрації SiO_2, за рахунок зниження такої оксидів заліза. Такий вплив останніх послаблюється при зменшенні їх концентрації, у тому числі FeO, нижче за 30 мас.%.
3. Важкі бетони на цементах з кольоровими шлаками після їх твердіння у нижче наведених умовах хараютеризується наступними класами по морозостійкості: у нормальних – F100; після твердіння спочатку при ТВО з температурами ізотермічного прогріву у межах 323...358 К, а потім в нормальних умовах – F150, після твердіння спочатку при ТВО з температурами ізотермічного прогріву у межах 363...368 К, а потім в нормальних умовах – F100.
4. Корозійна стійкість цементних каменів і важких бетонів на цементах з залізовмісними кольоровими шлаками по відношенню до дії розчинів сульфатів натрію підвищується при збільшенні у складі гідратних новоутворень низько основних гідросилікатів кальцію. FeO у стеклах шлаків, склад яких наближується до таких у геденбергіту, фаяліту, залізистих монтічеліту і акерманіту, а також цих кристалічних фазах є стійким в умовах дії на них: повітря, пари, води з температурою у межах 253...368К або розчинів сульфатів натрію.

Література

1. *Шелудяков Л.Н., Косьянов Э.А.* Комплексная переработка шлаков цветной металлургии. - Алма-Ата: Наука, 1990. - 168 с.
2. *Горшков В.С., Александров С.Е. , Иващенко С.И.*, Комплексная переработка и использование металлургических шлаков в строительстве.- М.: Стройиздат. 1985.-273с.
3. *Лакерник М.М., Мазурчук Э.Н., Петкер С.Я., Шабалина Р.И.* Переработка шлаков цветной металургии.- М.: Металлургия, 1977.- 160с.

УДК 666.97

Лівінський О.М., Євтушенко В.А.[1]

РОЗРОБКА МЕТОДИКИ РОЗРАХУНКУ НОРМАТИВІВ І ПОТРЕБ В ЗАСОБАХ МАЛОЇ МЕХАНІЗАЦІЇ НА РІЧНУ ПРОГРАМУ РОБІТ БУДІВЕЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

Актуальність проблеми: Визначена необхідністю економії матеріальних та трудових затрат за рахунок економії при купівлі, експлуатації та ремонті засобів малої механізації (ЗММ).

Ціль роботи: Розробка методики розрахунку нормативів і потреби в засобах малої механізації (ЗММ) та механізованих інструментів (МІ), що дозволить забезпечити будівельні організації та підрозділи необхідними за номенклатурою та типорозмірами засобами механізації.

Викладення запропонованих основних методів і розрахунків потреби в ЗММ та МІ.

У ринкових умовах організації будівельного виробництва важливою проблемою при розрахунках визначення оптимальної потреб в засобах механізації для будівельних організацій та їхніх підрозділів (УММ, спеціалізовані й комплексні бригади) є досягнення високих техніко-економічних показників. Завдання полягає в тому, щоб при можливо найменших матеріальних витратах на придбання техніки, підібрати такі засоби механізації за допомогою яких можливо забезпечити інтенсивне виконання планованих обсягів робіт і комплексну механізацію процесів виконання робіт.

У зв'язку з цим виникає необхідність у створенні нормативів (числових показників), які були б найбільш коректними для ведення розрахунків. Причому, нормативи, при їхньому застосуванні, повинні забезпечувати високу вірогідність оптимальної кількісної потреби машин, що й обумовлює високі технічно-економічні показники наявності і використання техніки.

Нормативи, які використовувалися до періоду, що передував ринковим умовам, для визначення потреби в будівельних машинах при планових розрахунках були визначені державними будівельними нормами для різних рівнів планування: республіка, міністерство, галузь промисловості й т.д.. Також ці нормативи були встановлені на певну грошову суму (1000 грн.). При цьому норми як правило, були галузеві (напр. будівництво підприємств машинобудівної, хімічної, нафтогазової промисловості, підприємств легкої і харчової промисловості, житло-цивільного будівництва і т.д.), а також на окремі види будівельно-монтажних робіт.

На відміну від раніше існуючих методів розрахунків нормативів, у роботі прийняті за основу комбіновані методи з використанням статистичних методів і теорії масового обслуговування, які раніше іншими авторами системно і комплексно не використалися.

Запропонована методика враховує також окремі раніше застосовувані методи розрахунку нормативів потреби в засобах механізації для виробництва будівельно-монтажних робіт.

Практичне застосування методики дозволяє розраховувати нормативи потреби в натуральних показниках для визначення потреби в засобах механізації й виконання розрахунків капітальних вкладень на придбання будівельних машин і ін.

Нормативи (норми) для визначення парку машин - певними статистичними методами по кожному виду і типорозміру будівельних машин і засобів малої механізації показники на встановлену (прийняту) одиницю фізоб'ємів будівельно-монтажних робіт (1000 $м^2$, 1000 $м^3$ і т.п.) або 100 чол. робітників за професією, які є основою для розрахунку потреби будівельної організації в машинах на річну програму робіт для їхнього виконання комплексно-механізованим способом.

Основою розрахунку нормативів потреби в засобах механізації в їхній річній потребі, обумовлена відповідно до обсягів і структурою виконуємих або запланованих до виконання будівельно-монтажних робіт.

Методи розрахунку нормативів передбачають інтенсифікацію використання будівельних машин, поліпшення організації будівельного виробництва шляхом встановлення показників нормативів, що враховують ріст продуктивності праці. Нормативи потреби в машинах розраховуються з урахуванням наступних аспектів їхньої експлуатації:

залежно від участі в технологічному процесі - у складі технологічного комплекту;

окремими засобами механізації або машинами;

залежно від системи обліку і контролю роботи засобів механізації - виробіток в натуральних фізичних об'ємах;

[1] Лівінський О.М. д.т.н., професор КНУБА; Євтушенко В.А. аспірант КНУБА.

При розробці нормативів враховувався ряд факторів, що впливають на потребу в будівельних машинах. До них відносять: періодичність надходження заявок на виконання робіт; тривалість виконання заявок; розподіл заявок залежно від обсягів робіт; вплив обсягів робіт на продуктивність праці; строки служб засобів механізації.

В основу розрахунків нормативів потреби засобів механізації покладений принцип визначення їхньої річної потреби з наступним визначенням показників у натуральній величині.

При розробці нормативів враховується ряд факторів, які впливають на процес формування парків будівельних машин і планову потребу в них будівельних організацій. До цих факторів віднесено: обсяг робіт по об'єктах; строки, тривалість і трудомісткість виконання обсягів робіт; продуктивність машин при виконанні робіт на об'єктах, умови виконання робіт; термін служби машин; розміщення об'єктів будівництва; витрати часу на перебазування машин з об'єкта на об'єкт.

У зв'язку з тим, що номенклатура будівельних машин досить велика, завантаження і їхнє використання з урахуванням вищенаведених факторів і, як внаслідок різних рівнів розрахунків (БМУ, УММ, бригада), не можуть бути одинаковими, виникла необхідність виразити показники потреби машин - нормативи - у натуральних вимірниках, які віднесені до фізичних обсягів робіт (1000 $м^2$, 1000 $м^3$ і т.д.) або на 100 робітників даної професії.

Враховуючи форму участі засобів механізації в технологічному процесі на рівні будівельної організації (БМУ, УММ) методикою рекомендується використати наступні вимірники:

шт. машин
шт. машин
на одиницю кінцевої
100 робітників
продукції ($м^2$, $м^3$)
за професією

Залежно від наявності вихідних даних наступна методика дозволяє застосовувати кожну з нижчеподаних методик визначення потреби в засобах механізації:

метод теорії масового обслуговування, що враховує умови виробництва будівельно-монтажних робіт технологічними комплектами;

метод прямого розрахунку на основі річного виробітку і планованих фізичних об'єктів робіт технологічними комплектами і окремими машинами або при заданій чисельності робітників за професією;

експертно-статистичний метод на основі фактичної наявності машин з урахуванням уточнень при зміні річних обсягів робіт, що має місце в останні 10-15 років на практиці.

На рівні будівельної організації (БМУ, УММ) з урахуванням вихідних даних пропонуються наступні показники нормативів потреби:

а) кількість комплектів машин, штук на вид робіт (процес) які віднесені до одиниці об'єму кінцевої продукції

$$N_{ik}^n = \frac{N_{ik}}{P_i^n}; \frac{комплектів, штук}{м^2, м^3} \qquad (1)$$

де: N_{ik} - розрахункова потреба в технологічних комплектах машин, шт. P_i^n - запланований обсяг робіт у натуральних показниках, які виконані і -ми комплектами, $м^3$, $м^2$ і т.д. ;

б) кількість засобів механізації, які віднесені до одиниці виробленої продукції

$$N_j^n = \frac{N_j}{P_i^n}; \frac{штук\_мамин}{м^2, м^3} \qquad (2)$$

де: N_j - загальна потреба в машинах одного типу.

в) кількість машин на 100 працівників за спеціальністю, шт.

$$N_j^n = \frac{N_j}{0,01 r_i}; \frac{штук\_машин}{100\_працівників} \qquad (3)$$

де r_i - планова річна кількість працівників за професіями, чол.

Розраховані в такий спосіб показники нормативів є вихідними для визначення нормативної потреби в засобах механізації і технологічних комплектів по окремих видах робіт, Визначені таким методом показники - нормативи - для засобів механізації для всіх видів БМР включені в Державні будівельні норми України по будівництву. Наявність нормативів дозволяє робити розрахунки потреби в засобах механізації на річну програму робіт будівельної організації. Розрахунки виконуються в такому порядку.

Визначається необхідна середньорічна потреба засобів механізації

$$N_j = \sum_{i=1}^{n} \left[\left(N_j^H \cdot P_i \right) \left(\frac{12}{T_j^a} \right) + R_i \right] \qquad (4)$$

$$N_j = \sum_{i=1}^{n} \left(N_j^H \cdot P_i + R_i \right) \qquad (5)$$

де: N_j - загальна середньорічна потреба засобів механізації даного виду, типорозміру, шт.; і - індекс виду будівельно-монтажних робіт; j -

індекс типу або типорозміру засобів механізації; N_j^H - норма (норматив) оснащеності, що відповідає одиниці вимірника; P_i - річний обсяг робіт одного виду будівельно-монтажних робіт будівельної організації; T_j^a - амортизаційний термін служби засобів механізації в місяцях; R_i - планова кількість машин для резервування (5-7 % від загальної кількості) на випадок аварійних поломок або непередбаченого виходу машин з ладу.

Формулу (4) варто застосовувати в розрахунках при визначенні кількості необхідних засобів механізації, у яких амортизаційний строк використання (служби) менше одного року.

При амортизаційному терміні служби машини більше одного року розрахунки потреби варто вести за формулою (5).

Визначена в такий спосіб кількість засобів механізації є основою для визначення типів і кількості тих машин, які потрібно придбати (різниця між наявним парком машин і певною їхньою кількістю визначена розрахунковими методами).

Необхідна кількість машин, яку необхідно придбати, визначається за формулою

$$N_j^{\Pi} = \left(N_j - N_j^0\right) K_{p\Pi} + N_j^{noc.on} - N_j^P \qquad (6)$$

де: N_j^{Π} - загальна кількість засобів механізації даного типорозміру, необхідна для виконання річного обсягу роботи шт.; N_j^0 - наявна кількість машин даного типорозміру в парку будівельної організації шт.;

$K_{p\Pi}$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність надходження машин протягом планового року (приймається 1,5); $N_j^{noc.on}$ - середньорічна кількість машин, що повинна надійти на заміну тим, що списуються через використання моторесурсу і виходу з ладу, шт.; N_j^P - кількість засобів механізації власного виробництва, шт.;

Коефіцієнт нерівномірності надходження $K_{p\Pi}$ являє собою відношення між кількістю машин, що поставляються, і їхньою середньорічною кількістю, які можуть бути отримані в результаті цієї поставки. Коефіцієнт ($K_{p\Pi}$) при рівномірній поставці машин протягом року рівняється 2. При розрахунках потреби на кілька років, коефіцієнт $K_{p\Pi}$ можна визначати з відношення:

$$K_{p\Pi} = \frac{1}{n} + 1 \qquad (7)$$

де n - кількість років у розрахунковому (плановому) періоді.

У випадку нерівномірної поставки (закупівлі) засобів механізації протягом року коефіцієнт визначається за формулою

$$K_{p\Pi} = \frac{365 N_{no}}{N_{n_1} \cdot T_{\partial} + N_{n_2} \cdot T_{\partial_2} + ... + N_{n_n} \cdot T_{\partial_n}} \qquad (8)$$

де 365 - кількість днів у році; N_{no} - загальна кількість машин яка надходить протягом року, шт.; $N_{n_1}, N_{n_2}, N_{n_n}$; - кількість засобів механізації, які надходять (закуповуються) одночасно будівельною організацією, шт.; $T_{\partial}, T_{\partial_2}, T_{\partial_n}$ - кількість календарних днів перебування машин у розпорядженні будівельної організації.

При значній зміні річних обсягів робіт, способів їхнього виконання (напр., заміна "мокрих" способів внутрішнього опорядження будинків "сухими" методами та ін.) і продуктивності машин, рас-парна потреба в них повинна бути скоректована за формулою

$$N_j^i = \frac{N_j \cdot K_c \cdot K_o}{K_b} \qquad (9)$$

де Кс - коефіцієнт, що враховує структуру способів робіт при застосуванні машин;
Ко - коефіцієнт, що враховує зміни фізичних обсягів робіт кожного виду; Kb- коефіцієнт, що враховує зміни річної продуктивності окремих машин або технологічних комплектів.

Очікувана наявність засобів малої механізації механізованого інструмента на початок планового року визначається як сума власних засобів механізації, які перебувають на балансі будівельної організації.

Вихідними даними для визначення очікуваної наявності засобів малої механізації на балансі будівельної організації є:

наявність засобів малої механізації і механізованого інструменту на початок року, що попередньому до планового;

інформація про отримання і списання (вибування) засобів малої механізації, передбачається в році, попередньому до планового.

Порівняння фактичних показників наявності засобів механізації з нормативними (розрахункова потреба) потрібно щорічно виконувати в кожній будівельній організації. Даний аналіз слід проводити з метою визначення відповідності кількісного складу засобів малої механізації і механізованого інструменту й струк-

тури парку обсягам і структурі будівельно-монтажних робіт, які виконуються (або плануються для виконання).

Вихідними даними для аналізу постачання підрозділів малої механізації (будівельних організацій) є:

очікувана наявність засобів малої механізації й механізованого інструменту на початок планового року;

нормативна розрахункова потреба в засобах малої механізації і механізованого інструменту для виконання розрахункових обсягів будівельно-монтажних робіт у плановому році (періоді).

Порівняння наявності і потреби в машинах дозволяє визначити дефіцит або резерв за типами (типорозмірами) засобів механізації і виконати їхній пропорційний розподіл між будівельними організаціями (в межах тресту, главку, об'єднання) по відношенню до об'єму та структури будівельно-монтажних робіт.

Результати розрахунків загальної потреби (кількості) засобів малої механізації і механізованого інструменту, очікуваної наявності їх на початок планового року і аналіз оснащення підрозділу малої механізації (будівельної організації) відповідно до методики рекомендується заносити в спеціальні форми.

Розрахунки загальної потреби в ручному будівельно - монтажному інструменті j-го типорозміру для виконання річної програми робіт будівельної організації на плановий рік рекомендується здійснювати відповідно до формули

$$m_{ij} = H_{ij}\frac{P_{ij}}{100} \qquad (10)$$

де: H_{ij} - норма потреби в ручному інструменті і-го типорозміру на 100 працівників, які зайняті виконанням j-го виду робіт, шт.; P_{ij} - кількість працівників, які зайняті в даній організації в розрахунковому році виконанням і-го виду робіт інструментом j-го типорозміру, чол.

Загальна потреба в ручному будівельному інструменті (штук) всієї номенклатури для всіх видів будівельно-монтажних робіт даної організації на розрахунковий рік визначається по формулі

$$m = \sum_{n=1}^{i}\sum_{n=1}^{j} m_{ij} \qquad (11)$$

Річний розрахунок ручного будівельного інструменту, що необхідний для поставки j-го типорозміру, визначається за формулами

$$n_i = M_i - M'_j\left(1-\frac{12}{C_j}\right) \qquad (12)$$

$$n_i = m_i - m'_j\left(1-\frac{12}{C_j}\right) \qquad (13)$$

де: M'_j, m'_j - фактична наявність ручного будівельного інструменту в організації відповідного призначення в році який передує плановий, шт.; C_j - термін служби ручного інструмента j-го типорозміру, міс.

Розроблена методика включена в Державні будівельні норми України для практичного використання будівельними організаціями.

Висновки

1. В результаті виконаних досліджень розроблена методика розрахунку нормативів потреби в ЗММ та МІ.
2. Методика розрахунку передбачає ефективне використання ЗММ, економію трудових та матеріальних затрат.
3. При розрахунку нормативів були враховані наступні фактори: об'єми робіт по об'єктам, строки їх виконання, строки служби машин, розміщення об'єктів будівництва, час на перебазування машин з об'єкту на об'єкт і т.д.

Література

1. Ливинский А.М. и др. Теоретические основы использования средств механизации в строительстве. Монография. – К.:"МПЛЕСЯ", 2001,- 221с.
2. Лівінський О.М. та ін. Нормативна база оснащення будівельних організацій (бригад) засобами механізації, інструментами та інвентарем. ДБН Г.1-5.96-К.: Держ. буд. України, 1996.-86 с.

УДК 622.833

Забродський М.М.[1]

СИСТЕМНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЕКТНОГО РОЗРАХУНКУ РОТОРНИХ БЕТОНОЗМІШУВАЧІВ ПРИМУСОВОЇ ДІЇ

Вступ. В теперішній час ефективність проектування машин багато в чому залежить від швидкості та якості виконання проектних робіт. Для якісного їх здійснення необхідна розробка нових методик проектного розрахунку, які охоплюють множину машин. Існуючі методи проектування основних видів механічного обладнання не мають цих особливостей. Тому постала проблема в розробці методик, що ґрунтуються на принципах системного моделювання. Ці методи дозволяють систематизувати матеріали досліджень, виявити та сформувати задачі та цілі розрахунку. Крім того застосування системного підходу дозволяє використовувати інформаційні технології та автоматизувати ранні стадії проектування основних видів механічного обладнання.

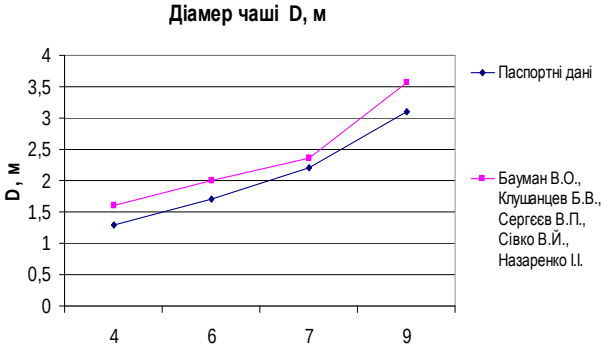
У виробництві будівельних матеріалів для приготування бетонних сумішей та розчинів з дозованих компонентів: в'язкого (цементу), води, хімічних домішок і заповнювачів (піску, щебенів або гравію) використовуються бетонозмішувачі. За способом змішування бетонозмішувачі розділяються на: гравітаційні та примусової дії (роторні).

Циклічні бетонозмішувачі примусової дії бувають декількох типів: з коритоподібним корпусом (лоткові змішувачі) і горизонтальними валами, що змішують; із циліндричним корпусом чашею (роторні або тарілчасті змішувачі) і вертикально розташованими валами, що змішують [1].

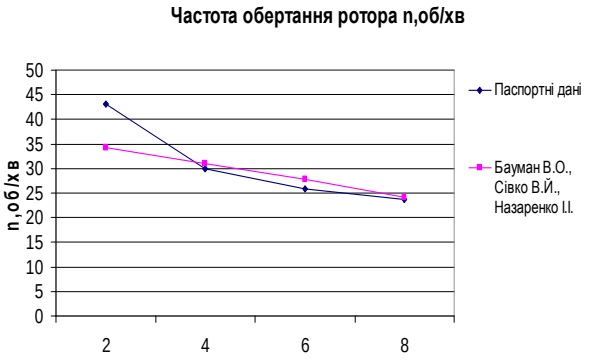
Провівши пошук за матеріалами вітчизняних та закордонних джерел за паспортними даними, була складена множина роторних бетонозмішувачів примусової дії. Множина визначена в залежності від об'єму суміші по завантаженню $V_з = (100...4500)л$ та потужності приводу $P = (3...120)кВт$. Даний тип бетонозмішувачів серійно випускається заводами Російської федерації «Строймаш», «Бетонмаш», «Мастек».

Мета та постановка задачі. Порівняльний аналіз існуючих методик розрахунку роторних бетонозмішувачів примусової дії було проведено спираючись на роботи В.О. Баумана В.А., Клушанцева Б.В., Морозова, В.П. Сергєєва, І.І. Назаренко І.І.. За даними огляду встановлені всі існуючі залежності для визначення: основних геометричних розмірів, параметрів робочого процесу та потужності приводу.

З метою визначенні спроможності даних методик охопити множину роторних бетонозмішувачів примусової дії було виконано розрахунки та визначені ті параметри робочого процесу, які можливо порівняти з паспортними даними множини роторних бетонозмішувачів серійно випускаємих промисловістю. Розрахунки потужності приводу не проводилися у зв'язку з ти, що в існуючих методиках неможливо визначити геометричні розміри лопатей та відповідно радіуси їх обертання. Даний параметр є складовою формулою потужності приводу . Результати розрахунку представлені на графіках (рис.1).



а)



б)

З графіків а), б) видно, що існуючи залежності по визначенню діаметру чаші, та частоти обертання ротора мають деякі відхилення, характер яких нестабільний. В результаті аналізу фактично не вдалося визначити точність існуючих методик, тому що не можливо визначити та порівняти енергетичні показники. Виходячи з результатів розрахунку можна зробити висновок, що існуючи методики орієнтовані на конкретний типорозмір ро-

[1] Забродський М.М. аспірант (КНУБА, Київ).

торних бетонозмішувачів і в тому вигляді, в якому вони існують не призначені для розрахунку їх множини.

На цій основі є актуальною розробка нової методики проектного розрахунку, яка відрізняється від існуючих тим, що охоплює множину роторних бетонозмішувачів

Застосовуючи методи системного моделювання дану методику можна представити як систему, що дає змогу впровадити інформаційні технологій в процес проектування роторних бетонозмішувачів.

На підставі вище вказаного детально розглянемо методику розрахунку роторного бетонозмішувача, та використовуючи методи системного моделювання представимо її у вигляді системи.

Виклад основного матеріалу. В загальному вигляді методика розрахунку роторного бетонозмішувача включає визначення геометричних розмірів чаші, середній радіус обертання лопатей, внутрішній діаметр стакана, кутову частоту обертання ротора, зусилля діюче на лопаті, продуктивність та потужність приводу.[2].

Рис.1. Результати розрахунку множини роторних бетонозмішувачів за існуючими методикми.

Де: $V_{г.с}$ – об'єм готової суміші, $м^3$.

$t_ц$ – час циклу перемішування, с.

Щоб перейти до визначення діаметру чаші бетонозмішувача розглянемо кожну складову формули більш детально. Об'єм готової суміші $V_{г.с}$ зв'язаний з об'ємом завантаження суміші $V_з$ коефіцієнтом виходу суміші $k_в$ який дорівнює:

$$k_в = \frac{V_{г.с}}{V_з},$$

В результаті проведеного аналізу робіт [2,3,4,5,6], було встановлено всі вхідні, довідкові (експериментальні) дані та визначені ціль розрахунку. Принципова схема роторного бетонозмішувача представлена на рис 2.

Нова методика розрахунку основних параметрів роторних бетонозмішувачів наведене нижче з детальним описом прийнятих залежностей та припущень. Розроблена методика включає в себе визначення наступних параметрів:

- Основні проектні розміри

Внутрішній діаметр чаші: залежить від продуктивності, яка задається у вхідних даних. В загальному вигляді об'ємну продуктивність роторного бетонозмішувача можна розрахувати за формулою, $м^3/год$:

$$Q = 3600\frac{V_{г.с}}{t_ц}$$

Значення коефіцієнту виходу суміші згідно джерел [2,3,4,5,6] складає: для сумішей $k_в = 0{,}65$, для розчинів $k_в = 0{,}75$.

Використовуючи коефіцієнт виходу суміші отримаємо, що об'єм готової суміші буде дорівнювати:

$$V_{г.с} = V_з k_в.$$

Внутрішній діаметр чаші D залежить від готового об'єму суміші по завантаженню $V_з$ та висоти шару суміші в чаші h_c [2,5,6]:

$$D = \sqrt{\frac{4V_{г.с}}{\pi h_c}},$$

де h_c – висота шару суміші в чаші, приймається за графіком [2, стр 275] в залежності від об'єму змішувача. Для множини змішувачів, що розглядається

$h_c = 0{,}125...0{,}2м$.

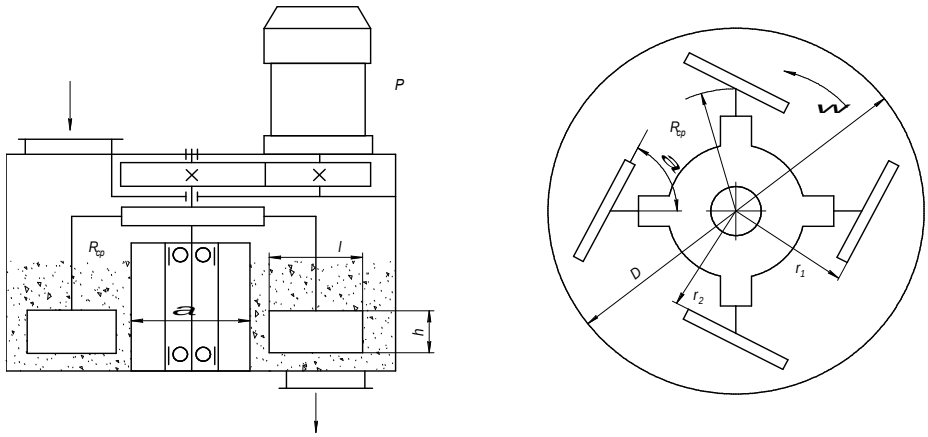


Рис.2 Принципова схема роторного бетонозмішувача.

Геометричний об'єм готової суміші $V_{г.с}$, дорівнює :

$$V_{г.с} = \frac{\pi D^2}{4} h_c .$$

Наступним параметром в формулі для визначення продуктивності роторного бетонозмішувача є час циклу $t_ц$, він розраховуються як сума часу необхідного для завантаження суміші, перемішування, вивантаження та повернення в робоче положення:

Використовуючи вище наведені залежності, після перетворень остаточно отримаємо формулу для визначення продуктивності бетонозмішувача, $м^3/год$:

$$Q = \frac{900\pi D^2 h_c}{(t_1 + t_2 + t_3 + t_4)}.$$

З наведеної формули при виразимо значення внутрішнього діаметру чаші D, м:
:

$$D = 0{,}019\sqrt{\frac{Q(t_1 + t_2 + t_3 + t_4)}{h_c}} .$$

Середній радіус обертання лопатей і діаметр внутрішнього стакана. Конструктивно середній радіус обертання лопатей $R_{ср}$ і діаметр внутрішнього стакана d (наявність d виключає утворення мертвих зон компонентів, що перемішуються) перебувають у співвідношенні до діаметра D, згідно аналізу існуючих методик розрахунку [2,3,4,5,6] дорівнюють:

$$R_{ср} \approx d \approx 0{,}33D.$$

Висота та довжина лопаті. Ефективність роботи роторного бетонозмішувача К.М. Корольовим запропоновано оцінювати критерієм:

$$\lambda = \frac{\upsilon_{ср} F_a}{V_{г.с}},$$

Звідки виразимо значення F_a, активної площі лопастей, рівної сумі проекцій поверхні лопастей на площину, яка перпендикулярна напрямку руху, м^2 :

$$F_a = \frac{\lambda V_{г.с}}{\upsilon_{ср}},$$

де λ – критерій який показує, скільки разів за 1 с, деформується об'єм суміші, що є у змішувачі. Числові значення критерію ефективності з вертикальним розміщенням лопатевого механізму роторних змішувачів перебувають у межах $\lambda = 0{,}5...0{,}6$ [6, стр. 164].

$\upsilon_{ср}$ – умовна середня швидкість руху, за рекомендаціями К.М. Корольова, може бути визначена за формулою [2,3,4,5,6]:

$$v_{ср} = \frac{2}{3}\omega_{кр} R_{ср}$$

Виразимо значення середньої швидкості через D, враховуючи те, $\omega_{кр} = \frac{3{,}6}{\sqrt{D}}$ та $R_{ср} = 0{,}33D$ після перетворень отримаємо залежність:

$$v_{ср} = 0{,}8\sqrt{D} .$$

$V_{г.с}$ – об'єм готової суміші виразимо через формулу продуктивності роторного бетонозмішувача $V_{г.с} = \frac{Qt_ц}{3600}.$

Геометрично активну площу лопатей можна записати наступним чином:

$$F_a = sh^2 k \cos\alpha ,$$

де s – відношення довжини до висоти лопаті $s = \frac{l}{h}$, для роторних бетонозмішувачів це значення конструктивно складає $s = 1{,}1...2{,}2$;

h – висота лопаті, м;

k – кількість лопатей, $k = 4...7$;

α – кут встановлення лопатей, град. Значення кута для роторних бетонозмішувачів складає $\alpha = 15^{\circ}...40^{\circ}$.

Підставляючи всі значення складових в формулу ефективності, та враховуючи, що $\lambda = 0{,}55$ після всіх перетворень отримаємо значення висоти лопаті, м:

$$h = 0{,}014\sqrt{\frac{Qt_{ц}}{\sqrt{D}sk\cos\alpha}}.$$

Аналіз конструкцій роторних бетонозмішувачів показав, що відношення довжини лопаті до висоти складає $s = (1{,}1...2{,}2)$. Відповідно довжину лопаті можна розрахувати за формулою, м:

$$l = sh.$$

– Раціональний режим роботи

Кутова швидкість обертання лопатей. Для забезпечення якісного перемішування умовна середня швидкість лопатей не повинна перевищувати критичну швидкість, при якій відцентрові сили, що діють на частинку, можуть перевищувати силу тертя, внаслідок чого виникне сеграція компонентів суміші. Підходи по визначенню оптимальної кутової швидкості в роботах [3,4,5,6] однакові.

Кутову швидкість обертання лопатей, рад/с:

$$\omega_{кр} \le \sqrt{gf\frac{1+f}{R}}.$$

Будемо вважати, що $f = 0{,}5$, $g = 9{,}8 м/с^2$, $R = \frac{D}{2}$, тоді для розрахунку отримаємо наступну формулу:

$$\omega \approx \frac{4}{\sqrt{D}}.$$

– Зусилля, що діють на конструкцію

Зусилля, що діє на лопать. При розрахунку сил опору вважають, що в процесі руху суміш веде себе як однорідна в'язка рідина. В загальному вигляді опір переміщенню лопатки в в'язкому середовищі можна визначити за формулою Кармана, яка основана на законі Ньютона для руху тіла у в'язкому середовищі [3]:

$$p = c\rho\upsilon^2,$$

де c – коефіцієнт лобового опору, який залежить від в'язкості, складу, властивостей суміші та форми лопатки. Значення коефіцієнту необхідно задавати індивідуально для кожного типу роторного бетонозмішувача в залежності від типу суміші, яку необхідно приготувати. Для бетонів приймаємо коефіцієнт лобового опору $c \approx 5...5{,}5$ [3, стр.112]

ρ – щільність суміші, для розрахунків приймаємо $\rho = 2400 кг/м^3$

υ – швидкість руху лопатки, м/с.

Прийняв, що площа проекції лопатки S перпендикулярна напрямку її руху, можна визначити силу опору:

$$F = Sp,$$

Так як швидкість руху лопатки величина змінна і залежить від радіуса обертання лопатки, можна виділити елементарну площадку та визначити елементарну силу опору.

Остаточно повна сила опору руху лопатки дорівнює [3, стр.112]:

$$F = \frac{1}{3}c\rho h\omega^2(r_1^{\,3} - r_2^{\,2}),$$

де r_1, r_2 – відповідно радіуси обертання початку і кінця лопатки, м

Розміри r_1, r_2 конструктивно зв'язані з кутом установки лопатей α, довжиною лопасті l та середнім радіусом обертання $R_{ср}$:

$$r_1 = R_{ср} + \frac{l\cos\alpha}{2} \text{ та } r_2 = R_{ср} - \frac{l\cos\alpha}{2},$$

Після підстановки остаточно отримаємо формулу для визначення сили опору, яка діє на лопать роторного бетонозмішувача:

$$F = \frac{1}{3}c\rho h\omega^2\left[\left(R_{ср} + \frac{l\cos\alpha}{2}\right)^3 - \left(R_{ср} - \frac{l\cos\alpha}{2}\right)^3\right].$$

Даний підхід дозволяє визначити силу опору на основі врахування інерційних сил, його доцільно використовувати для інженерних розрахунків тому що даний вид опору є головним, при русі лопаті в суміші.

Потужність приводу. Аналіз методик розрахунку основних параметрів роторних бетонозмішувачів показав існування кількох підходів по визначенню потужності приводу.

Розглянемо кожен підхід більш детально. Формула запропонована «ВНИИстройдормаш» виведена на основі експериментальних досліджень та рівняння руху струменів суміші в критеріальній формі на основі теорії подібності. Для опусу руху використовується критерій Ейлера, який виражає відношення лобового тиску до сил інерції; критерій Рейнольда, який виражає відношення сил внутрішнього тертя до сил інерції; критерій Фруда, який виражає відношення сил ваги до сил інерції.

Розглянемо кожен підхід більш детально. Формула запропонована «ВНИИстройдормаш» виведена на основі експериментальних досліджень та рівняння руху струменів суміші в критеріальній формі на основі теорії подібності. Для опису руху використовується критерій Ейлера, який виражає відношення лобового тиску до сил інерції; критерій Рейнольда, який виражає відношення сил внутрішнього тертя до сил інерції; критерій Фруда, який виражає відношення сил ваги до сил інерції. Даний підхід враховує багато фізико механічних властивостей суміші, зокрема динамічну в'язкість μ. Недоліком даного методу є те що він може бути використаний тільки для двовальних горизонтальних бетонозмішувачів.

Підхід запропонований в роботі Морозова М.К. визначає енергію на перемішування через коефіцієнт лобового опору *c*, недоліком даного підходу є те, що він визначає потужність на основі врахування тільки інерційних сил, як найбільш вагомих.

В більшості робіт [2,4,5,6] запропоновано розраховувати потужність приводу на основі досліджень Корольова К.М. основаного на врахуванні опору через коефіцієнт q, проте на відміну від коефіцієнта c він має розмірність. Даний підхід ми будемо застосовувати в подальших розрахунках.

Фізичний зміст коефіцієнта q полягає в тому, що він визначає собою ефективну напругу в Паскалях, яку необхідно створити для необоротного деформування (перемішування) суміші. Коефіцієнт q можна подати як питому роботу деформування одиниці об'єму суміші, $Н/м^2$:

$$q = \frac{A}{V},$$

де A – робота, що виконується лопаткою при її русі в суміші, Дж

V – об'єм, що деформується, $м^3$.

Величина ефективного напруження залежить від складу суміші, кількості води та швидкості руху лопастей. Швидкість руху лопастей повинна бути такою, щоб змішування було інтенсивним без проявлення сегрегації компонентів, яке викликається високою швидкістю. Оптимальна величина швидкості встановлюється опитним шляхом для характерних сумішей та схем лопатних апратів. Так для роторних змішувачів раціональний діапазон швидкості руху лопастей знаходиться в інтервалі 2,2…2,6 м/с. Для даного діапазону швидкості дослідженнями К.М. Корольова встановлено, що зі збільшенням води в суміші ефективні напруження спочатку збільшуються, а потім зменшуються.

Для змішувачів, які мають однакові відстані лопаток від центра обертання до своїх зовнішніх кромок, потужність буде дорівнювати, Вт:

$$P = \frac{qlb(r_1^2 - r_2^2)\omega k\varphi}{2\eta}.$$

де k – кількість лопаток, $k = (3....7)$.

b – проекція лопаті, перпендикулярна площині руху $b = l\sin(\alpha)$,м.

φ – коефіцієнт заповнення змішувача, в роторних змішувачах лопаті повністю занурені в суміш, тому $\varphi = 1$ [4, стр. 155].

η – ККД приводу, $\eta = (0{,}8...0{,}85)$.

Остаточно після перетворень отримаємо формулу для визначення потужність приводу роторного бетонозмішувача, кВт:

$$P = \frac{ql\sin(\alpha)\omega k\varphi}{2\eta}\left[\left(R_{cp} + \frac{l\cos\alpha}{2}\right)^3 - \left(R_{cp} - \frac{l\cos\alpha}{2}\right)^3\right]$$

За розробленою методикою були проведені розрахунки множини роторних бетонозмішувачів. В якості вихідних даних задавалися значення, що відповідають паспортним даним серійно випускаємих змішувачів.

Результати розрахунків представлені на графіках (рис. 3).

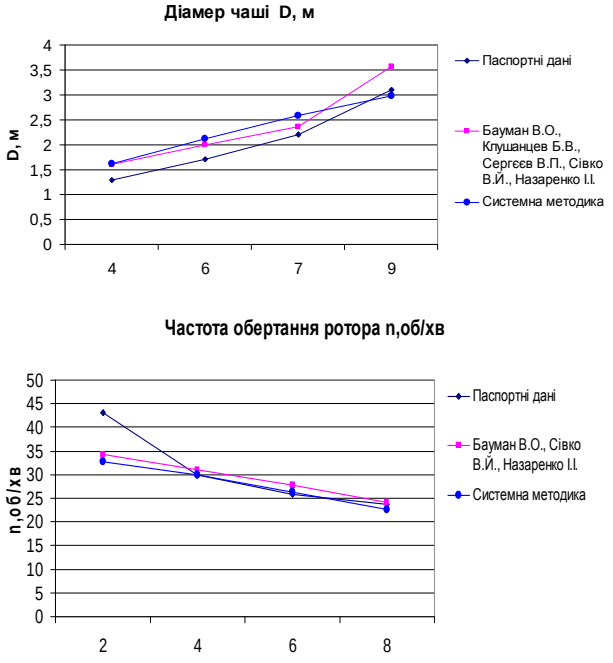


Рис. 3. Результати розрахунку основних параметрів (діаметр чаші, частота обертання ротора, потужність) та порівняння з паспортними даними множини змішувачів.

Висновки

Отримані результати доводять спроможність розробленої методики охоплювати проектним розрахунком не один зразок, а повну множину існуючих роторних бетонозмішувачів. Систематизація існуючих методик дозволила визначити всі вхідні дані, в тому числі довідкові та уточнити їх значення. Похибки розрахунку дорівнюють в середньому 12…15%, що відповідає вимогам попередніх проектних розрахунків. Розроблений алгоритм має системний вид, що дозволяє використовувати інформаційні технології в процесі розрахунку основних параметрів роторних бетонозмішувачів та автоматизувати ранні стадії проектування, тим самим зменшити трудомісткість проектних робіт та підвищити їх ефективність.

Література

1. *Бауман В.О.* Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций: Учебник для строительных вузов./ В.О. Бауман, Б.В. Клушанцев, В.Д. Мартынов. -2-еизд., перераб. –М.: Машиностроение, 1981. – 324с., ил.
2. *Морозов М.К.* Механическое оборудование заводов сбороного железобетона/ М.К. Морозов.– 2-е изд., перераб. И доп. –К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 311с.
3. *Сергеев В.П.* Строительные машины и оборудование: Учеб. для вузов./ В.П. Сергеев – М.: Высш. шк., 1987. – 376 с.: ил.
4. *Э.Н. Кузин* Строительные машины: Справочник: В 2 т.,Т.1: Машины для строительства промышленных, гражданских сооружений и дорог/ А.В. Раннев, В.Ф. Корелин, А.В. Жаворонков и др.; Под общ. Ред. Э.Н. Кузина. – 5-е изд., перераб. – М.: Машиностроение,1991. – 496 с.: ил .
5. *Сівко В.Й.* Механічне устаткування підприємств будівельних виробів: Підручник./ Сивко В.Й. –К.: ІСДО,1994.- 359 с.
6. *Назаренко І.І.* Машини для виробництва будівельних матеріалів / Назаренко І.І.– Підручник. – К.: КНУБА, – 1999.-488с.

УДК 621.647.4

Назаренко І.І., Міщук Є.О.[1]

АНАЛІЗ КІНЕМАТИКИ ЩОКОВОЇ ДРОБАРКИ

Постановка проблеми. Недосконала кінематика щокових дробарок, великі енергетичні витрати в елементах конструкції, складність багатьох конструкцій щокових дробарок та занадто велике спрощення розрахункових моделей при проектуванні спонукало до пошуку та аналізу оптимальних значень основних технічних параметрів щокових дробарок.

Мета статті - покращення технічних та експлуатаційних характеристик щокової дробарки.

Одним з найважливіших параметрів щокової дробарки є хід рухомої щоки, від якого залежить інтенсивність подрібнення. Для оптимального ходу щоки потрібно вибрати найбільш вигідну швидкість обертання ексцентрикового вала.

Із результатів дослідів проведених у ВНІІБуддормаш було встановлено такі залежності основних параметрів роботи дробарки від швидкості обертання ексцентрикового вала (рис. 1). Умови проведення досліду: щокова дробарка 250х400мм; кут захвату – 19^0; вихідний отвір – 50 мм; хід щоки – 10 мм, подрібнюваний матеріал – граніт з границею міцності на стиск 2000 $\frac{кг}{м^2}$. З наведеного графіка видно, що із збільшенням швидкості продуктивність зростає, досягаючи при визначеному оптимальному значенні швидкості, максимального для даного режиму значення. При подальшому збільшенні швидкості продуктивність зменшується. Також із збільшенням швидкості зростають степінь подрібнення і вміст фракцій крупністю менше 5 мм.

Енергоємність подрібнення із збільшенням швидкості змінюється спочатку незначно і різко зростає після досягнення максимальної продуктивності.

Також був визначений оптимальний хід щоки в нижній зоні камери подрібнення при отворі 50 мм. Результати дозволили зробити висновок, що продуктивність дробарки з кутом нахилу 71^0 є максимальною при ході щоки 22 мм. При подальшому збільшенні ходу продуктивність падає.

Таким чином внаслідок проведених дослідів для різних вихідних отворів була встановлена лінійна залежність оптимального ходу в нижній зоні від ширини вихідного отвору :

$$S_н = 8 + 0.261d. \quad (1)$$

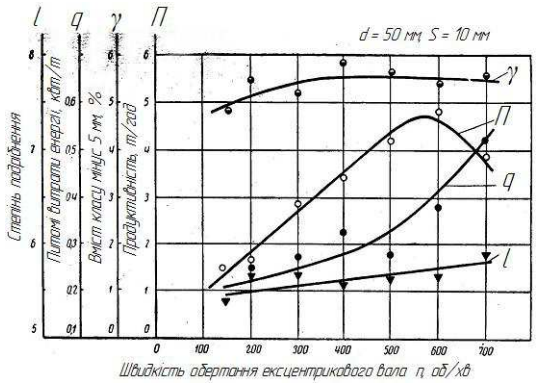


Рис. 1. Зміна показників роботи дробарки в залежності від швидкості обертання ексцентрикового вала.

Цю залежність також можна представити графічно рис.2.

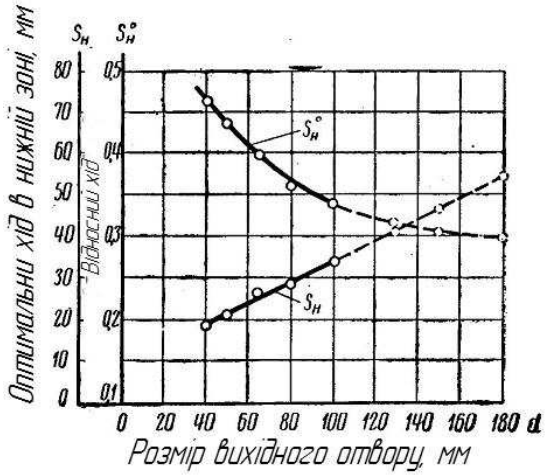


Рис. 2. Залежність оптимального ходу від розміру вихідного отвору.

На графіку відносний оптимальних хід є відношення $s_н^0 = \frac{S_н}{d}$.

Результати дослідів свідчать, що максимальна продуктивність на заданому отворі при оптимальному ході досягається при визначеній швидкості обертання ексцентрикового валу. Експериментальна залежність оптимальної швидкості від ширини розвантажувального отвору приведена на рис. 3. Лінійний характер цієї залежності виражається таким рівнянням $n = 475 - 2d$.

[1] Назаренко І.І., д.т.н. професор (КНУБА, Київ); Міщук Є.О., асистент (КНУБА, Київ).

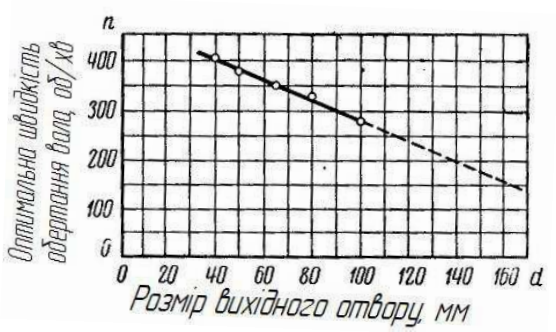


Рис. 3. Залежність оптимального ходу від розміру вихідного отвору.

Величина ходу в верхній частині камери подрібнення також повинна забезпечувати надійне подрібнення кусків матеріалу граничної крупності. Через особливості кінематики щокової дробарки дослідження проводяться шляхом зміни висоти підвісу рухомої щоки, звичайно після досягнення оптимального значення ходу в нижній частині камери подрібнення.

Залежність продуктивності від ходу в верхній частині камери подрібнення при оптимальній величині ходу в нижній частині камери подрібнення приведена на рис. 4, вихідний отвір 50 мм, величина хода в верхній частині камери подрібнювання при цьому змінювалась від 3 до 14 мм. Як бачимо з графіка із збільшенням висоти підвісу щоки продуктивність зростає до визначеної границі і дещо спадає при подальшому збільшенні ходу в верхній частині камери.

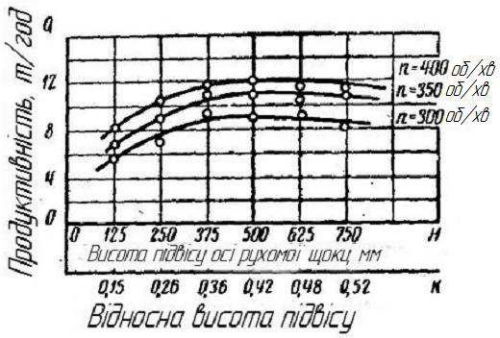


Рис. 4. Залежність продуктивності дробарки від висоти підвісу осі рухомої щоки.

Відносна висота підвісу визначається із співвідношення:

(2)

де H – висота точки підвісу, мм; $H_{заг}$ – висота рухомої щоки, мм (рис. 5).

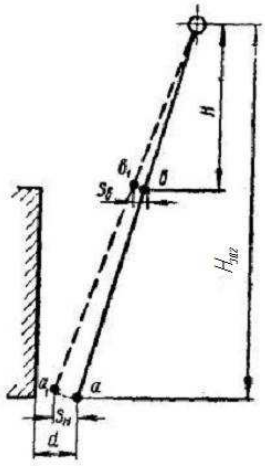


Рис. 5. Схема до визначення ходу щоки у верхній зоні дробарки.

Як видно із даних графіка значення оптимальної відносної висоти лежить в межах . Збільшення відносної висоти підвісу вище 0,4 недоцільне, так як при цьому збільшується висота і вага дробарки, а продуктивність зростає незначно.

Таким чином оптимальну величину ходу в верхній частині дробарки можна виразити через оптимальну величину ходу в нижній частині за допомогою рівняння:

. (3)

Не менш важливим параметрів щокової дробарки є кут захвату.

Дані чисельних дослідів свідчать що при кутах захвату від 16^0 до 18^0 продуктивність практично не змінюється, потім дещо знижується при куті 19^0 і різко падає при подальшому збільшенні кута захвату. Таким чином, при занадто збільшеному значенні кута захвату погіршуються умови подрібнення, знижується продуктивність і збільшуються витрати енергії.

Для оцінки кута нахилу камери подрібнення на показники дробарки розглянемо чотири варіанти нахилу рухомої щоки до горизонталі $\beta_1 = 38^0$; $\beta_2 = 55^0$; $\beta_3 = 71^0$; $\beta_4 = 90^0$, які відповідають основним конструктивним схемам щокових дробарок рис. 6.

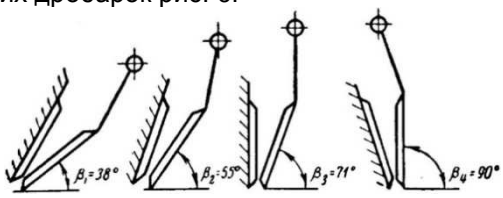


Рис. 6. Варіанти розташування камери подрібнення щокової дробарки.

Експериментально було встановлено, що найкращі техніко-експлуатаційні показники досягаються в дробарках всіх варіантів при визначених оптимальних параметрах, різних для кожного варіанту.

Графіки залежності продуктивності дробарок з різними кутами нахилу рухомої щоки від швидкості обертання ексцентрикового валу і величини хода рухомої щоки приведені на рис. 7.

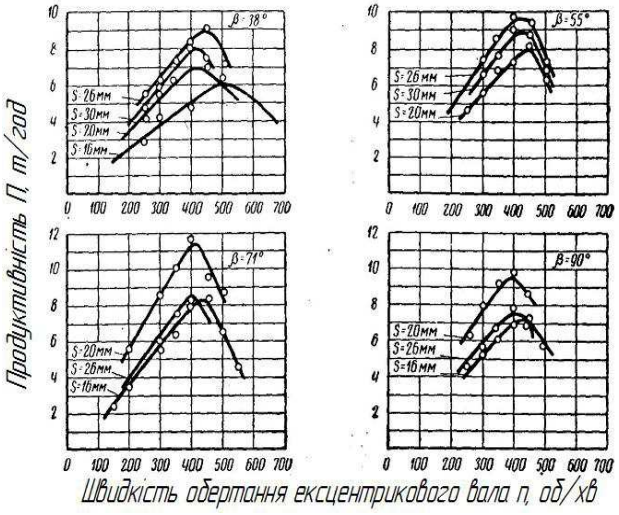


Рис. 7. Залежність продуктивності дробарки від числа обертів вала при різних кутах нахилу рухомої щоки.

Із результатів дослідів випливає, що при кутах нахилу рухомої щоки найбільша продуктивність досягається при $n = 425 - 450$ об/хв. Для кутів нахилу найбільш високі показники досягаються при $n = 375 - 400$ об/хв .

Із графіків рис. 8 добре видно, що кут нахилу суттєво впливає на основні показники дробарки. Це можна пояснити тим, що при значному нахилу рухомої щоки процес розвантаження ускладнений і призводить до зниження продуктивності.

Але можна додати, що із зменшенням кута нахилу рухомої щоки покращується форма зерен готового продукту. При куті нахилу $\beta = 38^0$ в готовому продукті міститься максимальна кількість кубоподібних зерен (86%), тоді як при куті нахилу $\beta = 71^0$ вміст таких зерен всього 62%. Крім того, в продукті подрібнення при $\beta = 38^0$ вміст фракцій середніх розмірів вище, а кількість надлишково подрібненого матеріалу менше.

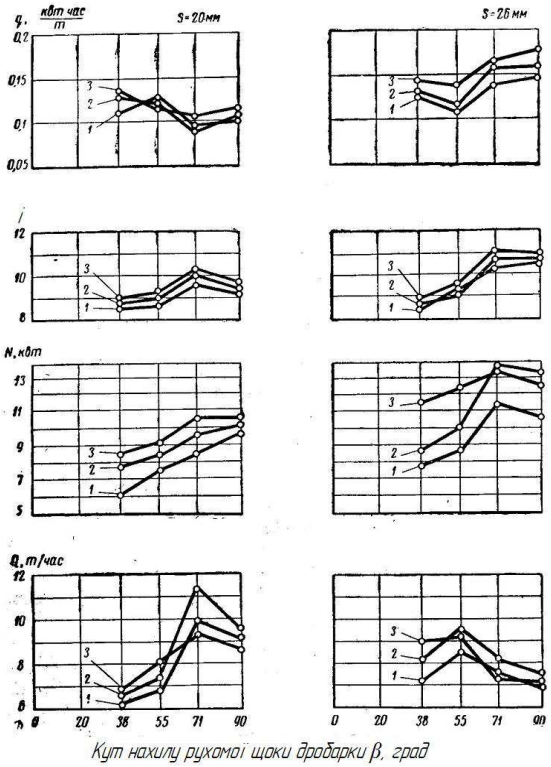


Рис. 8. Залежність основних показників дробарки від кута нахилу рухомої щоки і числа обертів ексцентрикового вала: 1 – 350 об/хв; 2 – 400 об/хв; 3 – 450 об/хв..

Розглянемо, як змінюється кут захвату від зміни кута повороту ексцентрикового валу φ рис.9.

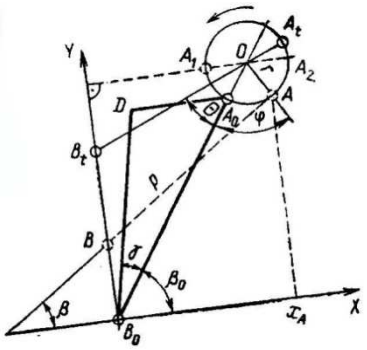


Рис. 9. Кінематична схема щокової дробарки із складним рухом щоки.

Запишемо відповідне співвідношення:

$$\cos\beta = \frac{x_a}{p} = \frac{1}{p}[(p + r)\cos\beta_0 - r\cos(\beta_0 + \varphi)], \quad (4)$$

де x_a – координата шарніра А.

Знайдемо максимальне і мінімальне значення

положення ланки АВ за повний оберт ексцентрикового валу:

$$\frac{d}{d\varphi}cos\beta = \frac{r}{p}sin(\beta_0 + \varphi) = 0 \quad . \qquad (5)$$

Звідки

$$\varphi_1 = -\beta_0; \quad \varphi_2 = 180^0 - \beta_0; \qquad (6)$$

$$(cos\beta)_{max} = \frac{p+r}{p}cos\beta_0 + \frac{r}{p}; \qquad (7)$$

$$(cos\beta)_{min} = \frac{p+r}{p}cos\beta_0 - \frac{r}{p}. \qquad (8)$$

В якості прикладу розглянемо досліджувану дробарку (р=208 мм; r = 2мм; $\beta_0 = 36^0$). Тут $(cos\beta)_{min} = 0{,}807$, звідки $\beta_{max} = 36{,}22^0$; $(cos\beta)_{max} = 0{,}826$, звідки $\beta_{min} = 34{,}3^0$.

Таким чином при повороті ексцентрикового валу від початкового положення до положення A_2, кут захвату дробарки збільшується на $\beta_0 - \beta_{min} = 36^0 - 34{,}3^0 \approx 2^0$. Як відомо навіть невеликі зміни кута захвату негативно впливають на роботу дробарки.

Велику увагу також потрібно звернути на кут θ (рис.9), який визначає різність етапів зближення і відходу щік дробарки. Чим більше цей кут, тим коротший цикл зближення, і відповідно, тим більше можна збільшувати швидкість дробарки (для малих типорозмірів) із пропорційним збільшенням її продуктивності. Тому є доречним визначити функціональні зв'язки θ з іншими параметрами. В якості такого зв'язку було запропоновано таке співвідношення:

$$sin\theta = B_0 B_t \frac{cos\beta_0}{p - r}. \qquad (9)$$

В щокових дробарках, особливо із складним рухом щоки, важливим кінематичним параметром є розпірна плита. Вона впливає на такі показники дробарки як інтенсивність подрібнення, якість продукту, розподілення робочого навантаження на елементи дробарки (підшипники ексцентрикового валу). При розрахунку розпірної плити приймають що рівнодійна сил подрібнення розміщена в середині камери подрібнення і напрямлена по нормалі до бісектриси профільного кута цієї камери.

Але досліди у ВНІІБуддормаш довели, що напрям рівнодійної сили, і її положення по висоті камери подрібнення суттєво змінюються на кожному циклі стиснення, це пояснюється кінематичними особливостями дробарок: стиск у верхній зоні відстає від стиску в нижній приблизно на оберту ексцентрикового валу; ходи стиснення розподіляються непропорційно крупності матеріалу в різних по висоті зонах камери подрібнення.

На положення рівнодіючої впливають також крупність та гранулометричний склад продуктів подрібнення, стабільність завантаження камери подрібнення, розмір вихідного отвору, форма траєкторії руху рухомої щоки та інші фактори.

Крім того при проектуваннях і розрахунках щокових дробарок раніше не враховувались значні сили тертя матеріалу о подрібнювану плиту.

Сили тертя визначаються вертикальною складовою швидкості руху рухомої щоки і приводять до суттєвого відхилення напрямку рівнодійної сили від нормалі.

На сьогодні, для спрощення розрахунків, положення рівнодійної сили в камері подрібнення задають не зовсім точно, це суттєво впливає, в цілому, на економічний ефект процесу подрібнення. Для визначення положення рівнодійної сили була запропонована наступна розрахункова схема (рис.10) та прийняті такі висновки:

Рівнодійна R переміщується за цикл між точками, які розташовані відповідно на і висоти камери подрібнення. Напрямок рівнодіючої відхиляється на кут $\pm(\psi - \alpha/2)$ від нормалі до бісектриси профільного кута. Тут ψ – кут тертя; α – профільний кут камери подрібнення. Таким чином отримуємо деяка робоча зона по якій ковзає рівнодійна за цикл стиску. На рис. 10 $R_1 \ldots R_4$ – позиції рівнодіючої R; β – кут визначаючий положення розпірної плити. В початковій фазі стиснення рівнодійна переміщується із позиції R_1 до позиції R_2, а потім, у відповідності з траєкторією руху щоки, міняє напрямок на R_3.

Зміна нахилу розпірної плити приводить до зменшення кута β, пропорційно зменшується нахил до горизонту великої осі овальних траєкторій руху точок рухомої щоки і збільшуються розміри цих траєкторій. Як наслідок, перший ефект з одного боку призводить до зниження вертикальної складової траєкторії руху рухомої щоки, і відповідно до зменшення зносу дробильних плит, а з іншого боку призводить до збільшення навантаження на ексцентриковий вал. Крім цього оби-

два ефекти приводять до збільшення ходу стиску, що дозволяє зменшити ексцентриситет валу, але викликає збільшення надлишкового подрібнення продукту, та появу зерен лещадної форми, які є небажаними в нерудній промисловості.

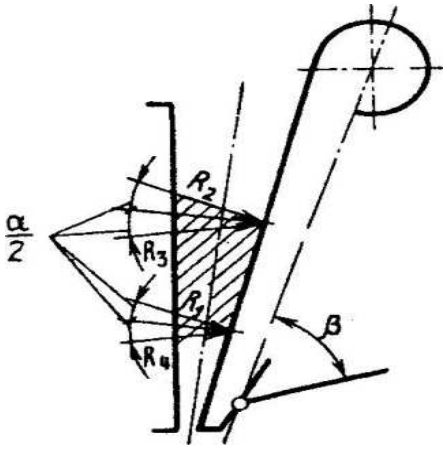


Рис. 10. Зона дії рівнодійної сили подрібнення.

Висновок

Таким чином можна зробити висновок, що все ж таки конструкція дробарки з звичайним розташуванням камери подрібнення забезпечує найбільш вигідні умови для процесу подрібнення і розвантаження готового продукту. Але треба зауважити, що процеси які відбуваються в камері подрібнення вивчені відносно, з великими спрощеннями і потребують більш ретельного дослідження. Відхилення кута захвату, швидкість робочої поверхні щоки, жорсткість конструкції, циклічність роботи, висота камери подрібнення, кут нахилу рухомої щоки, нерівномірний знос плит, паралельні зони в камері подрібнення – всі ці показники в значній мірі впливають на роботу дробарки і потребують наукового вирішення та доведення до оптимально можливих. Тільки при вирішенні поставленої задачі можливо досягти найкращих результатів роботи щокових дробарок по продуктивності та потужності.

Література

1. *Левенсон Л.Б., Прейгерсон Г.И.* Дробление и грохочение полезных ископаемых. Гостоптехиздат, 1940
2. *Левин В.А., Морозов Е.М., Матвиенко Ю.Г.* Избранные нелинейные задачи механики разрушения. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 408 с. – ISBN 5-9221-0514-0.
4. *В.С. Блохин, В.И. Большаков, Н.Г. Малич.* Основные параметры технологических машин. Машины для дезинтеграции твердых материалов: пособие. ч.I - Днепропетровск: ИМА-пресс.– 2006. – 404 с.
5. *Олевский В.А.* Конструкция, расчет и експлуатация дробилок. Металургиздат, 1958.
6. *Бауман В.А., Клушанцев Б.В,, Мартынов В.Д.* Механическое оборудование строительных материалов, изделий и конструкций. – М.: Машиностроение, 1981. – 32 с.

УДК 621.928.23

Орищенко С.В.

ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРОХОТА

Вступ. Сучасні технології переробки сировини потребують високої точності і ефективності класифікації по крупності, значної інтенсивності процесу при низьких експлуатаційних затратах. Сортування за допомогою вібрації є одним з розповсюджених технологічних процесів при переробці будівельних матеріалів. Існуючі вібраційні машини невповній мірі відповідають сучасним вимогам і тому виникає задача оцінки та аналізу конструктивних і технологічних параметрів грохотів.

Методика та результати досліджень. На сьогоднішній день існує велике розмаїття конструкцій грохотів, як зарубіжного так і вітчизняного виробництва [1,2]. Різницю в параметрах можна пояснити відсутністю загальноприйнятої методики загального підходу до вибору фізичної та математичної моделі процесу сортування.

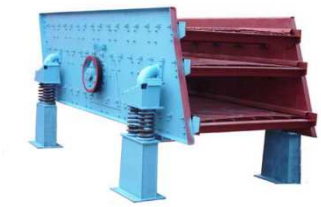
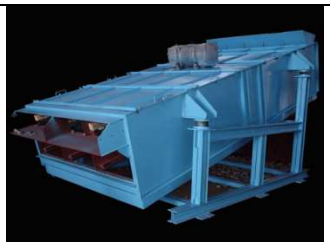
Найбільше застосовуються конструкції двоситні, зустрічаються і три ситні грохоти (табл..1).

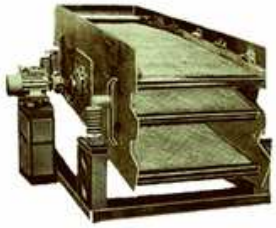
Для оцінки ефективності вібраційних грохотів існує низька критеріїв (табл..2). [3].

Методикою досліджень передбачено застосовувати технічні та технологічні критерії, які наведені в табл. 2.

Таблиця 1

Оцінка та аналіз конструктивних та технологічних параметрів грохотів

№	Загальний вигляд	Режим роботи	Технічні характеристики
1		Зарезонансний	Модель - 2YZS1548 Площа сита, мм - 4800×1500 Кількість сит - 3 Розмір кусків які надходять на грохот, мм - ≤400 Продуктивність, т/час - 30-200 Потужність, кВт - 15 Частота коливань, $с^{-1}$ - 91,1 Амплітуда, мм - 8 Маса, кг - 3950
2		Зарезонансний	Модель - ГВМ-2,5х1х0,6 Максимальная продуктивність , т/ч - до 3 Площа сита, мм - 2500×600 Кількість сит - 1 Амплітуда, мм - 6 Частота коливань, $с^{-1}$ - 17 Потужність привода, кВт -0,35 Маса, кг - 700
3		Зарезонансний	Модель - ГИТ-52Э Продуктивність, т/ч - До 500 Кількість сит, шт. - 2 Площа сита, $м^2$ - 7,1 Амплітуда коливань, мм - 5 Частота коливань, $с^{-1}$ - 12,25 Потужність двигуна, кВт - 22 Маса коливальних частин грохота, кг, - 4950
4			Модель - ГИС - 43 Продуктивність, т/ч - 15-200

		Зарезонансний	Розмір сита, мм - 3700х1500 Кількість сит, шт. - 3 Амплітуда коливань, мм - 4 Частота колебаний, $с^{-1}$ - 16 Потужність привода, кВт - 11 Маса, кг - 3000

Таблиця 2

Критерії оцінки машин

Рівень оцінки	Показник	Аналітична залежність	Умова оптимізації	Призначення
1	Приведені питомі витрати	$Z_{num} = C_{num} + E_H K_{num}$	$Z_{num} \to \min$	Інтегральна оцінка техніко-економічної ефективності
2	Загальний показник	$\Pi_{Pmn}=P_{num}/(\Pi_{num}\cdot n_{num})$ $\Pi_{Pmn}=P_{num}-\Pi_p/\Pi^3$	$\Pi_{Pmn} \to \min$	Загальна оцінка по економії енергетичних і матеріальних ресурсів праці при постійному значенні питомого показника
3	Енергоємність	$P_{num} = P/\Pi$	$P_{num} \to \min$	Оцінка економії енергетичних ресурсів
4	Матеріалоємність	$m_{num} = m/\Pi$	$m_{num} \to \min$	Оцінка економії матеріальних ресурсів
5	Загальний показник енергоємності та матеріалоємності	$\Pi_{num} = P_{num}/\Pi_{num}$ $\Pi_{Pm} = P\cdot m/\Pi^2$	$\Pi_{Pmn} \to \min$	Загальна оцінка по економії енергетичних і матеріальних ресурсів праці при постійному значенні питомого показника витрат в грн. на одиницю потужності і за одиницю часу
6	Виробіток на одного робітника	$\Pi_{num} = \Pi/\Pi_p$	$\Pi_{num} \to \max$	Оцінка економії трудових ресурсів
7	Продуктивність (теоретична, технічна, експлуатаційна)	$\Pi = V/T_ц$ $\Pi = SV_p$	$\Pi \to \max$	Оцінка збільшення продуктивності
8	Довготривалість циклу і робочих операцій	$T_ц = \sum_1^m t_i$	$T_ц \to \min$	Оцінка довго тривалості циклу і робочих операцій
9	Відносні величини (питомий опір, ККД, ін.)	$K_{num}, \eta, ...$	$K_{num} \to \min, \eta \to 1$	Оцінка часткових ефектів
10	Оцінка надійності	$K_{В.Ч.}, K_{Г.}$	$K_{В.Ч.} \to 1,$ $K_{Г.} \to 1$	Оцінка якості машини
11	Окремі технічні параметри (потужність, маса, лінійні параметри та ін.)	P, m, l…	-	Оцінка окремих параметрів

Вибрані критерії зведені в таблицю 3.

Таблиця 3

Отримані критерії для оцінки ефективності грохотів.

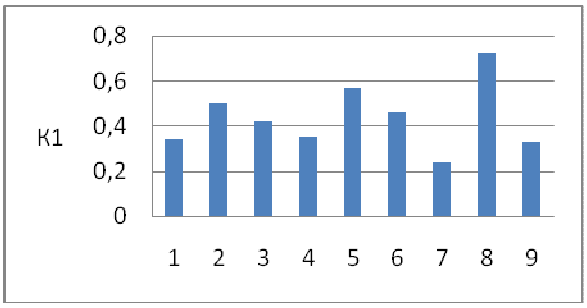
№	Аналітична залежність	Фізична сутність
1	$K_1 = X_0 \quad \omega$	Швидкість сортування
2	$K_2 = X_0 \quad \omega^2$	Прискорення робочого процесу
3	$K_3 = \frac{P}{m}$	Енергоємність процесу
4	$K_4 = \frac{X_0 \quad \omega^2}{g}$	Динамічність процесу

Для визначення числових значень критеріїв за даними літературних джерел [1,2] були обрані типові конструкції грохотів (табл.. 4). Результати розрахунків критеріїв представлені у вигляді гістограм (рис.1).

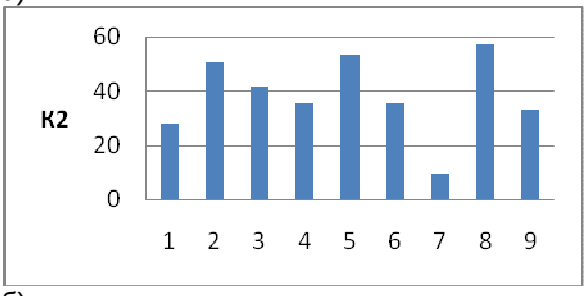
Таблиця 4

Параметри машин для яких проводилась оцінка.

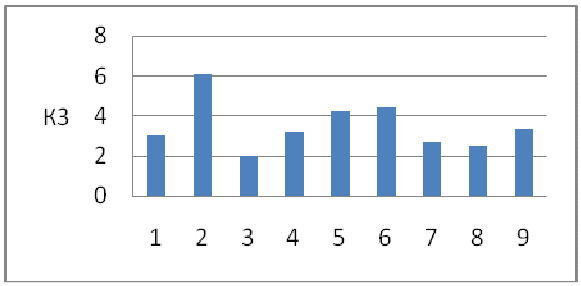
№	Модель	Параметри коливань		P, кВт
		Амплітуда X_0, мм	Частота, ω, $с^{-1}$	
1	ГИТ 41	4	83,8	15
2	ГСТ 31	5	100,5	11
3	243Гр	4,2	99,5	4,4
4	ГСТ42	3,5	100,5	8,0
5	259 МГР	6	94,2	30,0
6	ГСМТ62Б	6,0	77	44,0
7	ГСТ72Н	6,0	39,3	37,0
8	ГСС32	9,0	79,6	5,5
9	ГИС62	3,2	101,6	11



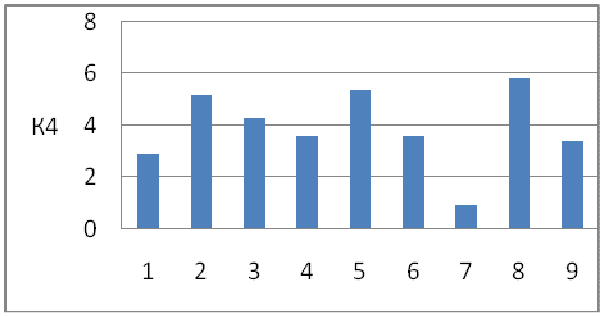
а)



б)



в)



г)

Рисунок 1. Критерії оцінки параметрів вібраційних грохотів: а) швидкість сортування K_1; б) прискорення робочого процесу K_2; в) енергоємність процесу K_3 ; г) динамічність процесу K_4;

Як слідує із наведених гістограм, критерії значно відмінні між собою. Так наприклад, значення критерія K_1 для конструкції 1 (див. рис.1а) має значення 0,34, а для конструкції 8 - 0,72, тобто різниця складає майже 210%. Приведена оцінка засвідчує необхідність вдосконалення методів розрахунку та обґрунтування параметрів грохота для ефективності процесу сортування матеріалу.

Висновки

1. Запропонована методика оцінки технологічних та конструкційних параметрів грохотів дала можливість визначити ступінь відмінності параметрів робочого процесу грохотів між собою.
2. Встановлено, що виявлені в процесі аналізу відмінності параметрів в подібних конструкціях грохотів, обумовлені відсутністю загальноприйнятих методів розрахунку.

Література

1. Вайсберг Л.А. Проектування і розрахунок вібраційних грохотів.-М.:Недра, 1986р., 144с.
2. Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів.-К.:КНУБА, 1999.-488с.
3. Назаренко І.І., та інш. Системний аналіз технічних об’єктів.-К.:КНУБА,2009.-164с.

УДК 69057.7

Пиляєв Р.С.[1]

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ОБРОБКА ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ ВАНТАЖОПІДІЙМАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

Вступ. Сучасні будівельні машини до яких відносяться крани, являють собою досить складні об'єкти, що складаються із багатьох взаємозалежних елементів різної конструкції й принципів дії: металеві конструкції, тягові органи, механічні передачі, двигуни, електричні й гідравлічні системи. Тому в них зустрічаються практично всі види відмов, які залежно від природи виникнення й характеру протікання процесів, що передують відмовам, можна розділити на два основні види: поступові й раптові відмови.

Методика оцінки відмов. Поступові відмови характеризуються поступовою зміною значень одного або декількох заданих параметрів машини. При цьому зміна параметрів крана є результатом того або іншого виду зношування. Отже, поступові відмови можна. уважати природною властивістю машини.

Імовірність виникнення поступової відмови протягом заданого періоду часу залежить від тривалості попереднього періоду експлуатації крана. Чим більше цей період, тим більше ймовірність появи відмови.

Раптові відмови характеризуються стрибкоподібною зміною значень одного або декількох заданих параметрів крана. Ці відмови виникають внаслідок впливу несприятливих факторів і випадкових зовнішніх навантажень, що перевищують розрахункові режими роботи машини.

Необхідно підкреслити, що поступові відмови теж можуть проявлятися зненацька, оскільки попередній період розвитку несправності не завжди вчасно виявляється внаслідок неуважності обслуговуючого персоналу, утрудненого доступу до крана, відсутності точних контрольно-вимірювальних приладів (КВП).

Розрізняють незалежні відмови, поява яких не обумовлена відмовами іншого крана, і залежні відмови, називані відмовами іншого крана. У технічній літературі [1.2] незалежні відмови іноді називають первинними, а залежні - вторинними. Як випливає із визначення, залежні, відмови виникають при несвоєчасному усуненні несправностей і попередніх відмов, тобто частота їх появи багато в чому залежить від кваліфікації й технічної культури обслуговуючого персоналу. Поява залежних відмов нерідко обумовлюється неможливістю зупинити кран без великого економічного збитку, пов'язаного із припиненням будівельно-монтажного процесу в цілому. Стосовно до кранів залежні відмови частіше є наслідком відмов сигнально-запобіжних обладнань (кінцевих вимикачів, обмежників вантажопідйомності.

Відмови, що виникли в результаті порушення встановлених правил умов експлуатації крана, називаються експлуатаційними, що виникли внаслідок недосконалості або порушення встановленого процесу виготовлення або ремонту крана на ремонтному підприємстві - виробничими, через недосконаліть і порушення встановлених норм конструювання - конструкційними. До цих же груп відмов слід віднести відмови через недосконаліть правил і норм проектування, виготовлення або експлуатації крана. Такі відмови часто бувають при освоєнні нових типів машин.

Глибокий аналіз і правильна класифікація відмов по зазначених ознаках мають велике практичне значення для організації управління та ефективного використання баштових кранів.

Найбільш характерними експлуатаційними відмовами кранів є наступні: перекидання машини внаслідок перевищення вантажопідйомності або швидкості руху, нерівномірного осідання опорної поверхні, роботи при неприпустимій швидкості вітру, зіткнення, наїзду на упори; залишкова деформація й тріщини несучих елементів керування, що виникають при неправильних прийманнях, машиною (неприпустимі комбінації робочих рухів, різкі пуски й гальмування, надмірне розгойдування вантажу), перевантаженнях і зіткненнях, низькій температурі навколишнього середовища; механічне зношування й заклинювання рухливих елементів через відсутність або неправильного вибору ґатунку змащення, несвоєчасної або неякісного регулювання механізмів.

При дослідженні надійності кранів, що перебувають в експлуатації, доцільно виділяти типові відмови, тобто відмови, що часто повторюються, характерні для даного типу й моделі крана. Знання причин, частоти й характеру попереднього прояву типових відмов, узагальнення досвіду їх усунення дозволяють значно зменшити втрати від простоїв крана в ремонтах. Глибоке й систематичне вивчення всіх видів відмов вантажопідіймальної техніки, розробка раціональних способів і засобів їх виявлення й попередження є важливими факторами підвищення ефективності використання кранів будівельними організаціями.

Методика зібрання інформації про на-

[1] Пиляєв Р.С., провідний спеціаліст ТОВ «САПРАН УКРАЇНА»

дійність кранів. Метою збору інформації про надійність є оцінка фактичного стану кранів, вдосконалення правил експлуатації, більш точного визначення режиму ТО й ремонту.

Для одержання інформації про надійність деталей, агрегатів і кранів у цілому використовуються наступні основні джерела: аналітичні розрахунки на довговічність, стендові й полігонні випробування на надійність, відомості про результати експлуатації, зміст ремонтних робіт. Після створення дослідного зразка або випуску першої серії машин інформація про надійність може бути отримана в результаті випробувань на спеціальних стендах. Іспитові стенди обладнаються приводами, що навантажують обладнаннями, необхідними контрольно-вимірювальними й записуючими приладами. На сучасних стендах передбачаються програмуючі обладнання. Такі обладнання, часто на базі ЕОМ, забезпечують автоматичне навантаження випробовуваного виробу в режимі, близькому до експлуатаційного. При наявності математичного опису взаємодії системи "привід - агрегат - виконавчий орган" ЕОМ дозволяє використовувати метод математичного моделювання при керуванні випробуваннями з урахуванням імовірнісного характеру реальних навантажень у перевантажувальних випробуваннях. Стендовим випробуванням звичайно зазнають тільки окремі вузли й агрегати вантажопідіймальних машин: гальма, редуктори, коробки передач, двигуни й т.п. Випробування на надійність машин у зборі, наприклад автомобільних кранів, часто проводяться на полігонах, що обладнані спеціальними треками. Поверхні треків мають складну конфігурацію, що викликає значні динамічні навантаження при русі машини. Керування рухом машини по трекові звичайно дистанційне або програмне. Такі випробування забезпечують досить висока якість інформації про надійність несучих конструкцій і елементів ходової частини машини.

Найбільш достовірним джерелом інформації про надійність машини є результати експлуатації при типових режимах і умовах використання. Розрізняють дослідну, підконтрольну й реальну експлуатацію. Експериментальна експлуатація проводиться проектною організацією або заводом виготовлювачем в умовах, максимально наближених до натурних. У ряді випадків експериментальна експлуатація проводиться на базових експлуатаційних підприємствах. На сучасних кранах закордонного виробництва ведеться регулярний контроль і облік роботи машини, для чого встановлюються додаткові обладнання й прилади: лічильники частоти обертання, годин роботи, числа робочих циклів, вага вантажу.

Підконтрольна експлуатація проводиться відділами механізації будівельних організацій. Облік несправностей і періодичний контроль технічного стану машини здійснюються за методикою й під спостереженням представника головної організації по збору й обробці інформації.

В умовах реальної експлуатації облік несправностей і контроль технічного стану машини виконують у порядку, установленому в системі експлуатаційного підприємства.

Планові ремонти проводять до настання відмови. Однак по їхньому змісту можна одержати інформацію про характер і ступеня ушкодження окремих деталей, прогнозувати їхній термін служби, судити про ремонтопридатність і інших показниках надійності машини.

Час, необхідний для одержання достатнього обсягу інформації, визначається не тільки способом випробувань (стендові, полігонні, експлуатаційні), але також типом плану спостережень, що в сучасний стан передбачається діагностикою машин.

Плани проведення спостережень позначаються формулою, у якій N- число кранів, що перебувають під спостереженням; r - число відмов спостережуваних кранів; T - календарна тривалість спостережень; R - ознака заміни новою або відновленою деталлю; U - ознака виключення, що відмовило виробу із числа спостережуваних. Застосовуються п'ять основних планів: [NUN], [NUr], [NUT], [NRr], [NRT]. Наприклад, план [NUr] означає, що спостереженням підлягають N об'єктів об'єкти, що відмовили, виводять зі спостережуваної групи (не заміняють новими й не відновлюють), спостереження припиняють, коли число об'єктів, що відмовили, досягає r одиниць. При плані [NRT] спостерігаються N об'єктів, що відмовили відновлюються (під спостереженням увесь час залишається N елементів), спостереження ведуть протягом календарного часу T. Кожний план спостережень має свою область раціонального використання. Наприклад, план [NUN] зручний для вивчення напрацювання на відмову, при цьому не потрібен ремонт або заміна виробів. План [NRT] більш складний, тому що вимагає проведення ремонтів. Однак інформація накопичується значно швидше. Крім того, виходять додаткові дані про ремонтопридатність вироби.

Інформація про надійність машин, що підлягає обробці, повинна бути достовірна, однорідна й досить повна. Вірогідність інформації забезпечується точністю контрольно-вимірювальних приладів, кваліфікацією й відповідальністю осіб, що брали участь у її підготовці. Важливе значення має простота й однозначність форм, що підлягають заповненню

в процесі збору інформації. Основні види таких форм стандартизовані. Наявність єдиних форм забезпечує також повноту й однорідність інформації, крім можливості використання різних одиниць виміру для однакових показників, об'єднання показників, отриманих при різних умовах для різних машин, і т.п.

Процес збору й наступної обробки інформації значно спрощується при використанні спеціальних перфокарт із готовими варіантами відповідей, які легко піддаються машинній обробці. Однак необхідний у цей час рівень якості й регулярності інформації про роботу машин можна забезпечити тільки при впровадженні автоматизованої системи керування в систему експлуатації машин.

Отримана в результаті випробувань або від експлуатуючих підприємств інформація піддається сортуванню по однорідності й сумісності вихідних умов, потім аналізуються й при цьому відкидаються нехарактерні дані. Перевірену інформацію зводять в остаточні таблиці, зручні для наступної статистичної обробки вручну або за допомогою ЕОМ.

Висновки

1. Визначені основні елементи кранів, що під час їх експлуатації можуть виходити із ладу.
2. Сформульовані напрямки і методи визначення основних типів відмов.

Література

1. Волков Д.П., Николаев С.Н. Надежность строительных машин и оборудования. М.: Высшая школа, 1979, 400 с.
2. Брадзе В.И. Семенов Л.Н. Надежность подъемно-транспортных машин. Л.: Машиностроение, Ленинград. отд-ние, 1986, 183 с.

УДК 005.33:681.5:519.8

Теренчук С.А., Єременко Б.М., Журибеда Д.Б.[1]

МОДЕЛІ І МЕТОДИ ОЦІНКИ РИЗИКІВ В ІНВЕСТИЦІЙНИХ БУДІВЕЛЬНИХ ПРОЕКТАХ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ

Вступ. Практика реалізації реальних інвестиційних будівельних проектів (ІБП) свідчить про те, що вплив факторів невизначеності призводить до виникнення непередбачуваних ситуацій, що в свою чергу призводить до неочікуваних витрат, навіть в тих проектах, які спочатку були визнані економічно обґрунтованими. Таке трапляється через те, що непередбачені або малоймовірні негативні сценарії розвитку ІБП все ж таки можуть відбутися і завадити реалізації проекту. Саме тому аналіз моделей і методів оцінки економічної ефективності ІБП в умовах невизначеності є актуальним і доцільним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Однією з головних властивостей навколишнього світу та подій і явищ, які в ньому відбуваються, є відсутність повної впевненості щодо їх настання. Це створює невизначеність у плануванні дій. Але зрозуміло, що ступінь невизначеності залежно від ситуації і в різних випадках буде різною. Світовий досвід засвідчує, що ефективність застосування підходів на основі ймовірнісних, нечітко множинних та експертних представлень до розв'язання задач оцінки ризиків, залежить від рівня і характеру невизначеності, пов'язаної з поставленою задачею. Оскільки проект неповторний і виконується в неповторних унікальних умовах, досягнення його місії є непростим завданням і супроводжується ризиками, що викликані невизначеністю інформації, незрілою або невипробуваною технологією, непередбаченими чинниками. У процесі управління проектами (в тому числі будівельними) постійно існує невизначеність щодо стану справ у керованому об'єкті та його дій в певний момент часу. Невизначеність виникає і щодо вибору найбільш доцільного рішення з множини можливих. Неправильний вибір математичного апарату для моделювання невизначеності призводить до хибних результатів в процесі їх застосування. Як наслідок, виникає недовіра до отриманих результатів.

Мета роботи. Метою представленої роботи є проведення порівняльного аналізу моделей і методів оцінки ризиків в умовах невизначеності.

Виклад основного матеріалу. Ризик проекту - подія або умова, яка у випадку виникнення має позитивний або негативний вплив щонайменше на одну із цілей проекту. На рис.1 представлене схематичне зображення впливу ризиків на інвестора та будівельний проект.

Серед різноманітних підходів до моделювання в умовах невизначеності можна виділити три основних: експертний, імовірнісний та нечітко множинний. Розглянемо найпоширеніші з них.

1. Імовірнісні методи. Застосування імовірнісного підходу [1] виправдано та ефективно, якщо є достатньо підстав вважати, що вихідні параметри проекту описуються певним імовірнісним законом або характеризуються репрезентативною статистикою.

Метод достовірних еквівалентів передбачає корегування грошових потоків ІБП в залежності від достовірності оцінки їх очікуваної величини. З цією метою розраховуються спеціальні понижуючі коефіцієнти для кожного планового періоду. В залежності від способу визначення понижуючих коефіцієнтів метод має декілька варіантів. Один з них полягає в обчисленні відношення достовірної величини чистих надходжень грошових коштів з без ризикових операціях за період, до запланованої величині чистих надходжень від реалізації проектів за цей же період. Такий спосіб визначення коефіцієнтів достовірності грошових потоків від реалізації ІБП інтерпретуються як надходження від без ризикових вкладів. Це приводить до неможливості проведення аналізу ефективності ІБП в умовах невизначеності і ризику. Інший варіант методу полягає в експертному корегуванні грошових потоків за допомогою понижуючого коефіцієнту, який встановлюється експертами в залежності від суб'єктивних оцінок ймовірності. Однак властива цьому підходу інтерпретація коефіцієнтів достовірності суб'єктивних ймовірностей, не завжди відповідає економічній сутності оцінці ризику.

[1] Теренчук С.А., доцент; Єременко Б.М., студент; Журибеда Д.Б., студент (КНУБА, Київ).

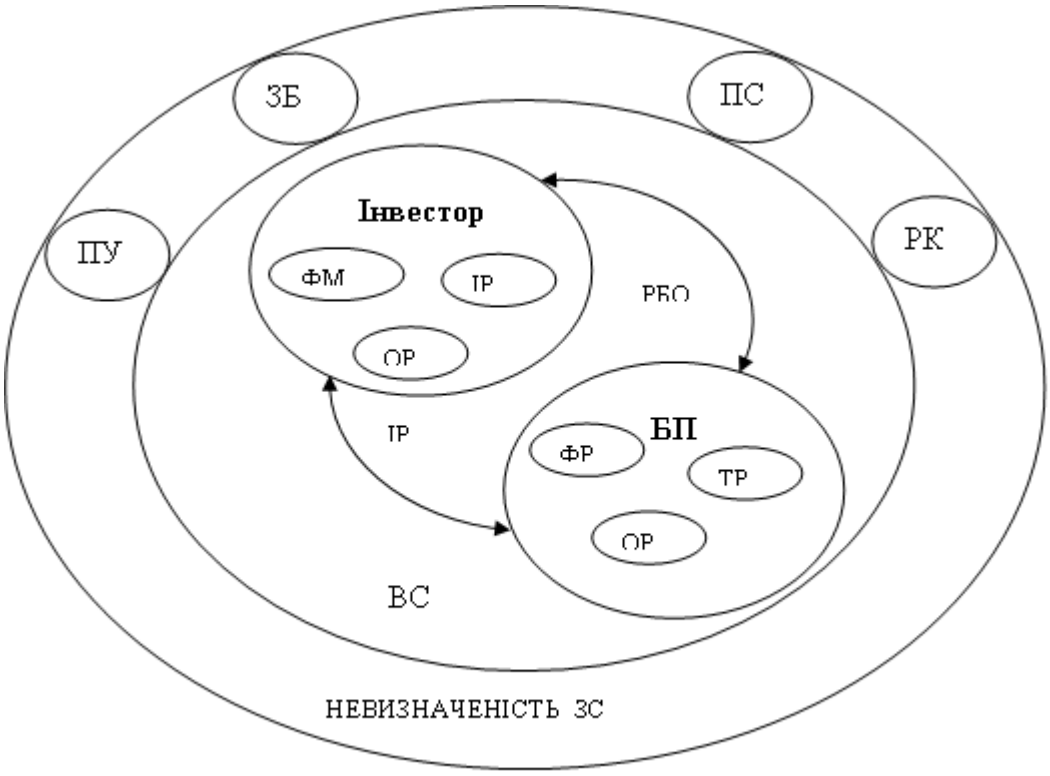


Рис. 1. Схематичне зображення впливу ризиків на інвестора та ІБП

БП – будівельний проект; ВС – внутрішнє середовище; ЗС – зовнішнє середовище;
ПС – політична ситуація; ЗБ – законодавча база; ФР – фінансовий ризик;
ІР – інформаційний ризик; ТР – технологічний ризик; ОР – організаційний ризик;
РК – ринкова кон'юнктура; РБО – ризик банківських операцій, ФМ – форс мажорні ситуації;
ПУ – ризики, пов'язані з природними умовами.

Метод сценаріїв дозволяє врахувати одночасний вплив зміни факторів ризику. Основними недоліками практичного використання методу є: необхідність виконання достатньо великої кількості обчислень відбору і аналітичної обробки інформації для кожного можливого сценарію розвитку; обмеженість кількості можливих комбінацій сценаріїв і кількості змінних, що підлягають варіюванню; суб'єктивізм у виборі сценаріїв розвитку і призначення ймовірностей та їх виникнення.

Метод побудови «дерева рішень». Схожий з методом сценаріїв, базується на побудові багатоваріантного прогнозу динаміки зовнішнього середовища і використовує спеціальну графічну форму представлення результатів – «дерево рішень». Даний метод може бути використаний в ситуаціях, коли більш пізнє рішення сильно залежить від рішень прийнятих раніше. Основними недоліками цього методу при практичному застосуванні є технічна складність реалізації дерев великих розмірів і високий суб'єктивізм при призначенні оцінок ймовірності.

Метод Монте-Карло є найскладнішим і найпотужнішим методом оцінки і обліку ризиків при прийнятті інвестиційного рішення. В зв'язку з тим, що в процесі реалізації цього методу відбувається імітаційне моделювання великої кількості варіантів його можна віднести до подальшого розвитку методу сценаріїв. Метод Монте-Карло дає найбільш точні і обґрунтовані оцінки ймовірності у порівнянні з описаними вище методами, але зустрічає перешкоди в практичному застосуванні, що обумовлено такими причинами:

- висока чутливість результату до законів розподілу ймовірностей і видам залежностей вхідних змінних ІБП;
- закони розподілу ймовірностей і статистичні зв'язки між ними підбираються суб'єктивно, оскільки отримати якісну статистичну інформацію для унікальних БП в реальному секторі будівництва зазвичай неможливо.

Як правило, при моделюванні реальних ІБП, статистика або не досить репрезентативна, або відсутня взагалі. В таких умовах застосовувати

ймовірнісні підході складно, або взагалі неможливо.

2. Методи теорії ігор. Якщо існує велика кількість варіантів сценаріїв розвитку, але їх ймовірності не можуть бути достовірно оцінені, то для прийняття науково обґрунтованого інвестиційного рішення із сукупності альтернативних ІБП в умовах невизначеності застосовуються методи теорії ігор. Статистичні ігри є основною моделлю [2] теорії прийняття рішень в умовах часткової невизначеності. У цьому випадку, людина, що приймає рішення, вступає в ігрові відносини з «природою», яка не вибирає свідомо своїх стратегій. Байдужість природи до гри і можливість отримання особою, що приймає рішення (ОПР), додаткової інформації про її стан відрізняє гру з природою від гри в якій беруть участь свідомі гравці. Розглянемо критерії які застосовуються для розв'язку ігор з природою в умовах невизначеності.

Критерій *MAXIMAX* не враховує при прийнятті інвестиційного рішення ризику, пов'язаного з несприятливим впливом зовнішнього середовища. Тобто, цей критерій припускає, що стан природи буде найсприятливішим, тому необхідно вибирати рішення, яке забезпечує максимальній виграш серед максимально можливих.

Критерій *MAXIMIN* (Вальда) мінімізує ризик інвестора, але при його використанні велика кількість високоефективних ІБП, необґрунтовано відкидаються, оскільки метод штучно занижує ефективність проектів. Застосування цього критерію доцільне у тих випадках, коли необхідне досягнення гарантованого результату.

Критерій (мінімального ризику) *Севіджа.* Суть цього критерію полягає у виборі такого рішення, яке не допускає надмірно великих втрат, до яких може призвести прийняття помилкового рішення. Для цього будується матриця ризиків, елементи якої показують розміри збитків, якщо для кожного стану природи буде обране не найкраще рішення. Критерій допускає розумний ризик з метою отримання додаткового прибутку, але використовувати цей критерій можна тільки тоді, коли є впевненість в тому, що випадковий збиток не приведе інвестора до банкрутства.

Критерій песимізму-оптимізму *Гурвиця* встановлює баланс між критеріями *MAXIMAX* і *MAXIMIN*. При використанні цього критерію з множини очікуваних сценаріїв вибирають два, при яких ІБП досягає мінімальної і максимальної ефективності. Вибір оптимального ІП по показнику чистої поточної вартості (*NPV*) виконується за формулою:

$$ИП_{opt} = \left\{ ИП_j \left| \max_j \left[(1-\lambda) \min_i NPV_{ji} + \lambda \max_i NPV_{ji} \right] \right. \right\},$$ де $\lambda \in [0;1]$ – коефіцієнт песимізму-оптимізму, який приймає значення в залежності від ставлення особи, що приймає рішення до ризику. При байдужості до ризику $\lambda = 0{,}5$ при $\lambda = 0$ критерій Гурвіца співпадає з критерієм Вальда, а при $\lambda = 1$ – з критерієм *MAXIMAX*. Загальний недолік розглянутих методів теорії ігор, полягає в тому, що припускається обмежена кількість сценаріїв розвитку (скінчена множина станів природи).

3. Методи теорії нечітких множин. Досвід вітчизняних і іноземних дослідників свідчить [3] про те, що ймовірнісний підхід не може бути надійний і адекватним інструментом розв'язання слабко структурованих задач, до яких належать задачі управління реальними інвестиціями. Саме тому інтенсивно розробляються методи оцінки ефективності і ризику ІБП на основі апарата теорії нечітких множин (ТНМ). В цих методах замість розподілу імовірності застосовується розподіл можливості, що описується функцією належності нечіткого числа.

Методи, що базуються на ТНМ відносяться до методів оцінки і прийняття рішень в умовах невизначеності. Їх застосування передбачає формалізацію вихідних параметрів і цільових показників ефективності ІБП (найчастіше *NPV*) у вигляді вектора інтервальних значень. Кожний нечіткий інтервал вхідного вектора характеризується відповідним рівнем невизначеності.

Виконуючі арифметичні операції $*_f \in \{+,-,*,/\}$ з нечіткими інтервалами за правилами нечіткої математики, експерти і ОПР отримують результуючий нечіткий інтервал для цільового показника. В основу переважної більшості алгоритмів НМа покладено принцип нечіткого розширення Заде, згідно з яким, для нечітких змінних:
$\tilde{a} = \{a_i / \mu_i^a\},\ i = \overline{1,n};\ \tilde{b} = \{b_j / \mu_j^b\},\ j = \overline{1,m}$
результат операції $*_f$ визначається у такий спосіб [4]:

$$c_{ij} = a_i *_f b_j, \mu_{ij}^c \max \min \{\mu_i^a, \mu_j^b\}, \{c_{ij} / \mu_{ij}^c\} \in \tilde{c}$$

Після визначення $\tilde{c}$, рішення повинно прийматися на чіткому рівні, тобто з нечіткими або слабо структурованими реальними даними потрібно виконати мінімальну кількість процедур для дефадзифікації результатів (рис. 2).

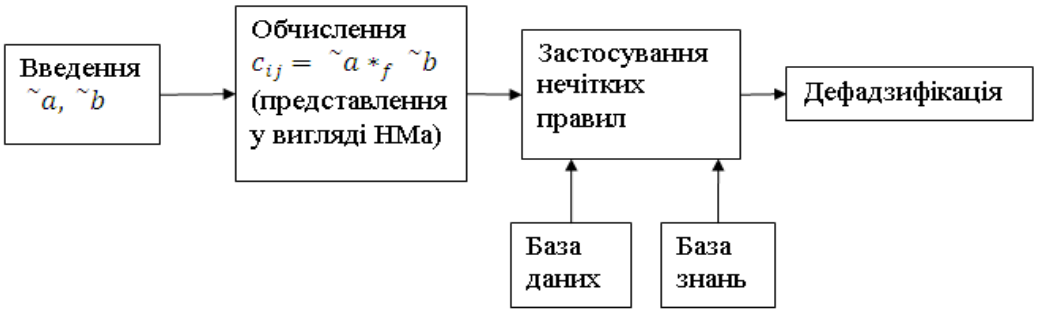


Рис. 2. Стандартна схема роботи в нечіткому логічному базисі.

До методів, що базуються на ТНМ можна віднести інтервальний метод, що відповідає ситуаціям, в яких достатньо точно відомі границі значень параметра, який аналізуються. При цьому відсутня будь-яка інформація про ймовірності реалізації різних його значень в середині заданого інтервалу.

За рівень ризику (P) пропонується приймати розмір максимального збитку на одиницю невизначеності:

$$P = \frac{q_N - q_{min}}{q_{max} - q_{min}} \quad \text{або} \quad P = \frac{q_{max} - q_N}{q_{max} - q_{min}}$$

де q_N – потрібне значення параметру;

q_{min} – мінімальне значення параметру; q_{max} – максимальне значення параметру.

Вибір формули залежить від критерію ефективності. Такий спосіб визначення ризику узгоджується з геометричним визначенням ймовірності, але тільки при припущенні, що всі події з відрізку $[q_{min}; q_{max}]$ рівноймовірні. Очевидно, що таке припущення не відображає реальну дійсність.

Але при наявності додаткової інформації про значення параметрів математична формалізація невизначеності може бути адекватно описана за допомогою нечітко-інтервального підходу і реалізована [4] в нечіткому логічному базисі (рис.3).

Серед основних переваг нечітко-інтегрального підходу до оцінки ефективності і ризику ІБП можна віднести те, що він характеризується простотою виявлення експертних знань і дозволяє:

- формалізувати в єдиній формі і застосовувати неоднорідну інформацію, що підвищує достовірність рішень;
- отримати очікувану ефективність ІБП, як у вигляді точкового значення, так і в вигляді множини інтервальний значень з відповідним розподілом можливостей. Це дозволяє оцінювати інтегральну міру можливості від'ємних результатів від ІБП, тобто ступінь ризику;

робити розрахунок оцінок показників ІБП ефективний в ситуаціях, коли вихідна інформація ґрунтується на малих статистичних вибірках, тобто у випадках коли ймовірність оцінки не може бути отримана.

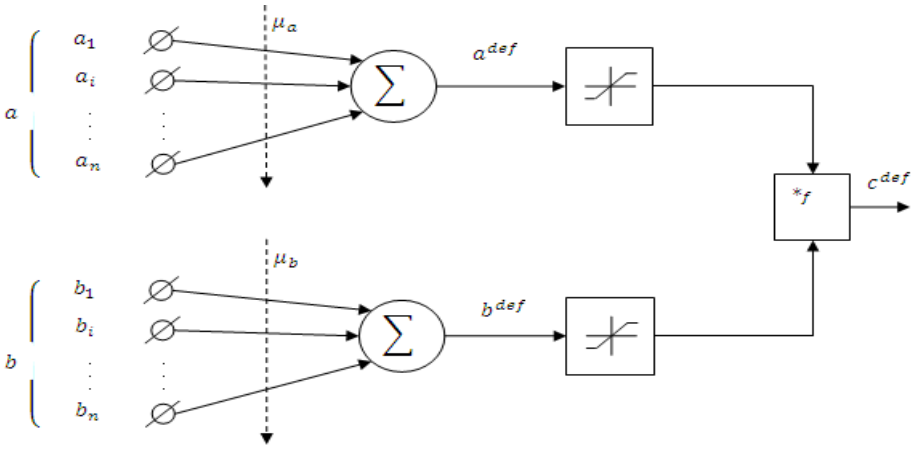


Рис.3. Схема отримання результату виконання дефадзифікації операції.

Висновки

1. Врахування невизначеності залежить від вибору математичної моделі.
2. Проведений аналіз традиційних методів оцінки ефективності і ризику ІБП в умовах невизначеності свідчить про їх теоретичну значимість, але обмеженість практичного застосування для аналізу ефективності і ризику ІБП через велику кількість спрощуючи модельних передумов, що викривляють реальне середовище проекту.
3. ТНМ є однією з найбільш ефективних математичних теорій, що спрямовані на формалізацію і обробку невизначеної інформації. Саме тому, нечітка математика посідає провідне місце в загальному комплексі проблем, пов'язаних з прийняттям рішень, визначенням ризиків і т. ін. в умовах невизначеності.
4. Враховуючи те, що нечітка система припускає адекватне представлення у вигляді нейронної мережі, наступні роботи будуть присвячені реалізації методів НМа для оцінки ефективності та ризиків в нейромережевому логічному базисі.

Література

1. Міхайленко В.М. Теорія ймовірностей, ймовірнісні процеси та математична статистика / В.М.Міхайленко, С.А. Теренчук, О.О. Кубайчук. - К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2007.-163 с.
2. Медведєв М.Г. Дослідження операцій: Навч. посіб. / М.Г. Медведєв, О.В. Колодінська. – К.: Вид-во Європ. у-ту, 2006. – 158 с. – Бібліогр.: с.154.
3. Тугай О.А. Методологія побудови варіативних моделей процесів організації будівництва за допомогою теорії нечітких мір / О.А. Тугай // Науково-технічний збірник «Містобудування та територіальне планування». – К., КНУБА, 2007. – Вип.27. – с.301-305.
4. Мінаєв Ю.М. Нейромережеві моделі розв'язку систем нечітких алгебраїчних рівнянь та їхня реалізація в системі моделювання MATLAB/Simulink./ Мінаєв Ю.М., Філімонова О.Ю., Бенамеур Лиес, Ярош Р.А. // Вісник НТУУ «КПІ» Інформатика, управління та обчислювальна техніка, №36, с. 143-152. – Київ 2001.

УДК: 332.834.3:330.338 (045)

Молодід О.О.[1]

ХАРАКТЕРИСТИКА ЗАГРОЗ ЕКОНОМІЧНОЇ БЕЗПЕКИ БУДІВЕЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Постановка проблеми. Тривалий кризовий стан економіки, непослідовність дій у проведенні радикальних економічних реформ, загальна неефективність процесу соціально-економічних трансформацій в Україні призвели до значних економічних і соціальних втрат у суспільстві та державі. Негативні економічні наслідки економічних реформ перетворились у вагомі загрози національній безпеці країни у всіх сферах, особливо в економічній та соціальній. За оцінками і українських, і зарубіжних вчених, Україна пересягла майже по всіх порогових показниках, визначених світовою практикою, небезпечну межу з точки зору економічної безпеки держави. Така ситуація виступила каталізатором, що спричинило активне дослідження та розвиток питань, пов'язаних з економічною безпекою держави та підприємства. Наслідком даного процесу стало формування самостійних наукових напрямків екосестейту (ecosestate, economic security of state) – економічної безпеки держави та екосекенту (ecosecent, economic security of enterprise) – економічної безпеки підприємства [1]. Відповідно постає проблема дослідження цих наукових напрямків. Одне із актуальних питань це загрози економічній безпеці.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питання економічної безпеки підприємства останнім часом почали активно досліджуватися. Збільшується кількість кандидатських та докторських робі, захищених з даної тематики, а відповідно й кількість літератури. Останні роботи за даною тематикою присвячені економічній безпеці торговельного підприємства (підручник та робота на здобуття ступеня кандидата економічних наук, 2005 рік), формуванню механізму забезпечення економічної безпеки підприємства (робота на здобуття ступеня кандидата економічних наук, 2000 рік), економічній безпеці підприємства: сутності та механізму забезпечення (підручник, 2003 рік), механізму досягнення і підтримки економічної безпеки підприємства (робота на здобуття ступеня кандидата економічних наук, 2000 рік), плануванню економічної безпеки підприємства в умовах ринкової економіки (робота на здобуття ступеня кандидата економічних наук, 2004 рік), формуванню економічної безпеки підприємства засобами активізації їх інноваційного розвитку (робота на здобуття ступеня доктора економічних наук, 2008 рік) і т.д. У кожній роботі велика увага приділена не лише засобам забезпечення економічної безпеки, а й загрозам цієї економічної безпеки .

Мета. Сформулювати основні загрози економічні безпеці підприємства, зокрема будівельного. Визначити, який саме підрозділ підприємства відповідальний за створення тих чи інших загроз.

Виклад основного матеріалу. У даній роботі під поняттям економічна безпека підприємства розуміємо стан захищеності підприємства від небажаних впливів зовнішнього та внутрішнього характеру з максимально ефективним використанням ресурсів цього підприємства.

Економічна безпека галузі економіки та держави в цілому є похідною від економічної безпеки підприємства, але в той самий час економічна безпека підприємства сильно залежить від впливу держави через систему податків, зборів, цін, субсидій і т.п. Основне при створенні бази для економічної безпеки держави є створення належних умов господарювання підприємства, але кінцеві задачі, які ставлять перед собою підприємство та держава не завжди збігаються, але загальним індикатором стану підприємства та держави може бути їх економічна безпека.

Дії керівництва підприємства, які направлені на забезпечення належного рівня економічної безпеки формують головну мету підприємства, яка згідно Господарського кодексу України [2] полягає у максимізації прибутку, але з точки зору підприємства головна його мета – це забезпечення гарантій стабільного та максимально ефективного функціонування на сучасному етапі господарювання та забезпечення високого потенціалу розвитку в майбутньому.

Виходячи із головної мети підприємства формуються основні функціональні цілі діяльності підприємства:

- ✓ забезпечення високої фінансової ефективності роботи, фінансової стійкості та незалежності підприємства;
- ✓ забезпечення технологічної незалежності підприємства;
- ✓ досягнення високої конкурентоспро-можності технічного потенціалу підприємства;
- ✓ досягнення високого рівня кваліфікації персоналу та його інтелектуального потенціалу;

[1] Молодід О.О., аспірант (КНУБА, Київ).

✓ забезпечення ефективного менеджменту на
✓ створення належної ефективності корпоративних НДДКР;
✓ мінімізація руйнівного впливу результатів виробничо-господарської діяльності підприємства на стан навколишнього середовища;
✓ патентна чистота усіх аспектів діяльності підприємства;
✓ забезпечення захисту інформаційного поля, комерційної таємниці і досягнення необхідного рівня інформаційного забезпечення роботи всіх підрозділів підприємства та відділів організації;
✓ ефективна організація безпеки персоналу підприємства, його капіталу та майна, а також комерційних інтересів.

Головна та функціональні цілі зумовлюють формування необхідних структуроутворюючих елементів і загальної схеми організації економічної безпеки.

Як зазначалося раніше, на економічну безпеку підприємства впливають фактори як внутрішнього так і зовнішнього характеру. Ці фактори називаються функціональні складові. Функціональні складові економічної безпеки – це сукупність основних напрямів його економічної безпеки, істотно відмінних один від одного за своїм змістом (рис.1) [3].

Кожна з наведених функціональних складових економічної безпеки підприємства характеризується власним змістом, набором функціональних критеріїв і способами забезпечення. Та наведена класифікація є не єдиною з точки зору класифікації складових економічної безпеки підприємства.

Деякі з авторів поділяють економічну підприємства на внутрішньовиробничі та позавиробничі складові [4]. При цьому до внутрішньовиробничих функціональних складових відносяться: фінансова, інтелектуальна (кадрова), технологічна, правова, інформаційна, екологічна та силова. А до поза виробничих: ринкову та інтерфейсну.

Кожна з перелічених функціональних складових має своє значення для економічної безпеки підприємства. Фінансова складова – досить важлива, оскільки є “двигуном” будь-якої економічної системи. Належний рівень економічної безпеки значною мірою залежить від інтелекту, професіоналізму та складу працюючих на підприємстві кадрів, що безпосередньо впливає на рівень економічної безпеки на підприємстві.

Технологічна складова – характеризує наскільки технології, що застосовуються на підприємстві відповідають найкращим світовим аналогам з оптимізації витрат.

Правова складова – всебічне правове забезпечення діяльності підприємства, дотримання чинного законодавства. Інформаційна складова – здійснення ефективного інформаційно-аналітичного забезпечення господарської діяльності підприємства. Екологічна складова відображається у дотриманні діючих екологічних норм, мінімізації втрат від забруднення навколишнього середовища. Силова складова – в забезпеченні фізичної безпеки працівників фірми (перш за все керівників) і збереженні її майна. Ринкова складова економічної безпеки характеризує ступінь відповідності внутрішніх можливостей розвитку підприємства зовнішнім, які генеруються ринковим середовищем. Інтерфейсна складова характеризує надійність взаємодії з економічними контрагентами.

Кожна із функціональних складових економічної безпеки має свої загрози та ознаки цих загроз (табл. 1).

Кожна служба підприємства, яка відповідає за ту чи іншу функціональну складову, повинна звертати уваги на зміну зазначених показників. При умові виявлення негативної динаміки приймати міри, щодо її усунення.

Оскільки, кожна зі складових економічної безпеки має загрози, відповідно існують й джерела цих загроз. Джерелами негативних впливів на економічну безпеку підприємства можуть бути:
✓ свідомі чи несвідомі дії окремих посадових осіб і суб’єктів господарювання (органів державної влади, міжнародних організацій, підприємств-конкурентів);
✓ збіг об’єктивних обставин (стан фінансової кон’юнктури на ринках даного підприємства, наукові відкриття та технологічні розробки, форс-мажорні обставини тощо).

Таку саму загрозу можуть нести також наступні два фактори:

1) відсутність внутрішньої стратегії розвитку підприємства, яке може бути причиною спаду чи повної зупинки виробництва, а також прямого розкрадання засобів підприємства;

2) поступова приватизація, яка призводить до розриву господарських зв`язків, втрати своєї ніші на ринку (розпродаж найбільш цінних підприємств під виглядом приватизації).

Рис. 1. Типовий перелік функціональних складових економічної безпеки підприємства (організації).

Таблиця 1

Характеристика функціональних складових економічної безпеки

Функціональна складова	Ознаки та загрози для економічної безпеки	Відповідальний відділ
1	2	3
Фінансова	✓ зниження ліквідності підприємства; ✓ підвищення кредиторської та дебіторської заборгованості; ✓ зниження фінансової стійкості тощо	Фінансова та економічна служби
Інтелектуальна	✓ звільнення провідних висококваліфікованих працівників, що призводить до ослаблення інтелектуального потенціалу; ✓ зниження питомої ваги інженерно-технічних працівників і науковців у кількості працюючих; ✓ зниження винахідницької та раціоналізаторської активності; ✓ зниження освітнього рівня працівників.	Кадрова служба, головний інженер
Кадрова	✓ відтік кадрів; ✓ плинність кадрів; ✓ фізичне старіння кадрів, їх знань, кваліфікацій; ✓ низька кваліфікація кадрів; ✓ праця за сумісництвом	Кадрова служба
Технологічна	✓ дії, спрямовані на підрив технологічного потенціалу підприємства; ✓ порушення технологічної дисципліни; ✓ моральне старіння використовуваних технологій	Технологічна служба
Екологічна	✓ фізичні і моральні впливи, спрямовані на конкретних осо-бистостей (особливо на керівництво та провідних спеціалістів) з метою заподіяти шкоду їх здоров'ю та репутації, що стано-	Служба екологічного контролю

	вить загрозу нормальній діяльності їх підприємства	
Правова	✓ недостатня правова захищеність інтересів підприємства в договірній та іншій діловій документації; ✓ низька кваліфікація працівників юридичної служби відповідного суб'єкта господарювання та помилки у підборі персоналу цієї служби; ✓ порушення юридичних прав підприємства і його працівників; ✓ навмисне чи ненавмисне розголошення комерційно важливих відомостей	Юридична і патентно-ліцензійна служба
Інформаційна	✓ збирання всіх видів інформації, що має відношення до діяльності того чи того суб'єкта господарювання; ✓ аналіз одержуваної інформації з обов'язковим дотриманням загальноприйнятих принципів і методів; ✓ прогнозування тенденцій розвитку науково-технологічних, економічних і політичних процесів; ✓ оцінка рівня економічної безпеки за всіма складовими та в цілому, ✓ розробка рекомендацій для підвищення цього рівня на конкретному суб'єкті господарювання; ✓ інші види діяльності з розробки інформаційної складової економічної безпеки.	Служба безпеки
Силова	✓ нездатність підприємств-конкурентів досягти переваг коректними методами ринкового характеру, тобто за рахунок підвищення якості власної продукції, зниження поточних витрат на виробництво (дія-льність), удосконалення маркетингових досліджень ринку тощо. ✓ кримінальні мотиви одержання злочинними юридичними (фізич-ними) особами доходів через шантаж, шахрайство або крадіжки; ✓ некомерційні мотиви посягань на життя та здоров'я керівників і працівників підприємства (організації), а також на майно фірми.	Служба охорони
Ринкова	✓ зменшення частки ринку, яку займає підприємство; ✓ ослаблення конкурентних позицій і спроможності протидіяти конкурентному тиску; ✓ зниження адаптаційних можливостей підприємства до змін ситуації на ринку, відставання від вимог ринку і т. д.	Маркетингова служба
Інтерфейсна	✓ можливі непередбачені зміни умов взаємодії (навіть до розриву відносин) з економічними контрагентами: постачальниками, торговими і збутовими посередниками, інвесторами, споживачами і т. д.	Маркетингова служба

Залежно від суб'єктної обумовленості негативні впливи на економічну безпеку можуть мати об'єктивний і суб'єктивний характер. Об'єктивними вважаються такі негативні впливи, які виникають не з волі конкретного підприємства або його окремих працівників [5]. Суб'єктивні впливи мають місце внаслідок неефективної роботи підприємства в цілому або окремих його працівників (перш за все керівників і менеджерів).

Незважаючи на те, що форми прояву загроз економічної безпеки на різних рівнях ієрархії організаційно-економічних структур (держава, регіон, підприємство) мають відмінності, спільність дії дестабілізуючих факторів в умовах єдиного економічного простору простежується досить чітко. До числа таких глобальних факторів варто віднести: спад виробництва, розлад фінансової системи, підвищення соціальної напруженості, криміналізацію суспільства та економіки, подальше ослаблення конкурентоздатності й т.д.

Як економічна безпека будь-якого підприємства, економічна безпека будівельного підприємства має свій перелік функціональних складових, який дещо відрізняється від типового. Проаналізувавши запропоновані переліки, був розроблений перелік функціональних складових економічної безпеки будівельного підприємства.

Даний перелік включає внутрішні функціональні складові (технологічна, ресурсна, технічна, кадрова, фінансова, силова, інформаційна, екологічна та правова) та зовнішні

функціональні складові (ринкова та інтерфейс на).

До переліку запропонованого раніше були додані такі функціональні складові як ресурсна та технічна, хоча варто зауважити, що технічна функціональна складова, запропонованої класифікації, яка розглядається окремо, у класифікації, запропонованій раніше входила до складу технологічної складової.

Під технологічною функціональною складовою розуміємо ступінь відповідності застосовуваних на підприємстві технологій найкращим світовим аналогам з оптимізації витрат. Ресурсна складова відповідає за якість продукції, яка надходить на підприємство для подальшої переробки, вчасність поставок та відповідність цієї продукції до міжнародних стандартів. Технічна складова відображає рівень забезпечення підприємства передовим та якісним обладнанням.

Так само, ті функціональні складові, які були додані до типового переліку мають свої загрози, що говорить про необхідність доопрацювання таблиці 1. Тобто, для технологічної функціональної складової, за яку відповідає технологічна служба, будуть характерні дві загрози: дії, спрямовані на підрив технологічного потенціалу підприємства; порушення технологічної дисципліни. Моральне старіння технологій – це загроза, яка характерна для технічної складової, за яку відповідає відділ матеріально-технічного забезпечення. Цей самий відділ відповідає і за ресурсну складову, для якої характерні такі загрози, як: низька якість продукції, що використовується на виробництві, використання прострочених матеріалів, зберігання матеріалів при невідповідних кліматичних умовах. Для будівельного підприємства вважаємо за доцільне об'єднати кадрову та інтелектуальні складові та до їх загроз додати наявність нещасних випадків на виробництві.

Висновки

1. Визначені функціональні складові економічної безпеки підприємства та загрози характерні саме для цих складових.
2. Приділена особлива увага функціональним складовим будівельного підприємства та загрозам, характерним саме для них.
3. Визначені джерела негативних впливів на економічну безпеку підприємства.
4. Визначено, які впливи мають суб'єктивний, а які об'єктивний характер.

Література

1. Абалкин Л. И. Экономическая безопасность Росии: угрозы и их отражение, Вопросы экономики, 1994, № 12, с.3
2. Господарський кодекс України
3. Грещак М. Г., Колот В. М., Наливайко А. П., Покропивний С. Ф., Сай В. М. Економіка підприємства: Підручник за заг. Ред.. проф. С.Ф. Покропивного — 2.вид., перероб. та доп. — К. : КНЕУ, 2001. — 526с.
4. Провайдинг інновацій: Підручник /М.П. Денисенко, А.П. Гречан, М.В. Гаман та ін., за ред проф. М.П. Денисенка. – К.: «Видавничий дім «Професіонал», 2008
5. Лоханова Н. Система управління станом економічної безпеки під-приємства: проблемні питання, концепція розвитку // Економіст. – 2005. - № 2

ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА БУДІВНИЦТВА

Науково-технічний журнал

Випуск 5

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

Формат 60x84/8.
Наклад 300. Папір офсетний. Ум.-др. арк. 4,1.

Надруковано в “МП Леся”.
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру
суб’єктів видавничої справи серія ДК № 892 від 08.04.2002.

“МП Леся”