

нидой соли составит 49α на 1 т железной руды. Учтывая, что в первой стадии измельчения руды расходуется около 1 м^3 воды, то это даст концентрацию цианидов $49 \alpha \text{ г/м}^3$.

В дальнейших технологических операциях обогащения руды используется воды $10 \text{ м}^3 / \text{т}$ руды и больше. Поэтому разбавление цианидов составит $10/0,1=100$ раз. Это позволяет добиться содержания соли в воде, менее предельно допустимых норм.

Третьим вариантом извлечения золота из магнетитовых руд может быть объединение первого и второго вариантов. Объединение первых двух вариантов позволит снизить содержание цианидов в воде, которая сбрасывается в хвостохранилище. Однако при этом существенно усложнится технологическая схема первой стадии измельчения, обогащения железной руды и извлечение золота.

Выводы и направления дальнейших исследований. Таким образом в результате выполненных исследований показаны места концентрации золота при обогащении магнетитовых руд и предложены три варианта технологических схем извлечения золота из них. Следует отметить, что для окончательного вывода по разработанным вариантам технологических схем необходима предпроектная проработка вариантов с наработкой партий золотосодержащих концентратов.

Список литературы

1. **Зверева Е.А.** Кларковые содержания золота в породах геотектонических провинций. Геология, методы поисков и разведки месторождений полезных ископаемых. Обзор. - М.: Недра, 1977.
2. **Лапухов А.С.** Технологии извлечения попутного золота из железных руд Сибири/ **А.С. Лапухов, Р.Д. Мельникова, Л.У. Павлова и др.** // Физ.-техн. проблемы разработки полезных ископаемых. – 1998. - № 4. – С. 84-93.
3. **Усенко И.С.** Особенности распределения золота в железисто-кремнистых и некоторых других кристаллических породах Приазовья / **И.С. Усенко, Г.Л. Кравченко, И.И. Сажацкий** // Геологический журнал, 1973, т.33, №5, С.60-68.
4. **Усенко И.С.** О золотоносности Сорокинской тектонической зоны (Приазовье) / **И.С. Усенко, Г.Л. Кравченко, И.И. Сажацкий** // Доповіді АН УРСР. – 1973. - Серія Б, №4. – С. 322-327
5. **Воробьев А. Е.** Геохимия золота / **А. Е. Воробьев, А. А. Гладуш** - М., ГУДН. – 2000. – 261 с.
6. **Лушаков А. В.** Нетрадиционные источники попутного получения золота: проблемы и пути решения (1-е издание) / **А. В. Лушаков., Л. З. Быховский., Л. П. Тигунов** // «Минеральное сырье», М., 2001, № 9, 82с.
7. **Губін Г.В.** Розробка нової енерго- та природозберігаючої технології, забезпечуючої комплексне використання мінеральних ресурсів ПівнігЗК // Звіт по темі №3-92/598, Керівник теми. Губін Г.В. - Кривий Ріг. - 1993.
8. **Бережной Н.Н.** К вопросу о распределении энергии при измельчении / **Н.Н. Бережной, И.И. Сокур** // Горный журнал - 1991 - №11.
9. **Легедза В.Я.** Комплексное освоение железных руд и вмещающих пород Полтавского горнообогатительного комбината. **В.Я. Легедза, В.А. Васин, Л.Н. Ковальчук, Е.С. Василенко** // Геолого-мінералогічний вісник.– 2003.– № 1.- С.61-63.
10. **Денисенко А.И.** Совершенствование технологии обогащения магнетитовых кварцитов// **А.И. Денисенко, Д.Ф. Сергеев., А.А. Христов** и др.//Горный журнал. – 1989. - №2. - С.41-42.
11. Справочник по обогащению руд. Специальные вспомогательные процессы// Под. Ред. **О.С. Богданова, В.И. Резнищева**, 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Недра, 1983.- 370 с.
12. **Сепрюнов Н.Н.** Общая металлургия / **Н.Н. Сепрюнов, Б.А. Кузьмин, Е.В. Челишев** // Учебник для ВУЗов. Изд 2, перер. и доп.– М.: Металлургиздат. - 1982 – 584 с.

Рукопись поступила в редакцию 24.03.16

УДК 622.684

В.О. СІСТУК, А.В. ВЕСНІН, кандидати техн. наук, доц.
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ МАНЕВРУВАННЯ АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ З ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОЮ ТРАНСМІСІЄЮ У ЛАБОРАТОРНИХ УМОВАХ

Представлено дослідження особливостей маневрування автотранспортних засобів з електромеханічною трансмісією у лабораторних умовах. Об'єктом дослідження виступає маневреність колісного транспортного засобу в залежності від способу повороту. Метою дослідження є перевірка математичної моделі силового довороту колісного транспортного засобу. Лабораторні випробування включали визначення коефіцієнтів зчеплення та опору кочення, вимірювання та оцінку радіуса повороту лабораторного візка під час кінематичного повороту та силового довороту. Кінематичний поворот лабораторного візка виконувався за рахунок повороту передніх керованих коліс. З метою реалізації силового довороту за рахунок зміни відношення швидкостей задніх ведучих коліс зовнішнього та внутрішнього борта, необхідно забезпечити відповідний розподіл тягових зусиль відповідно до зчіпних властивостей опо-

рної поверхні. Технічно дана задача виконана за допомогою мікроконтролера Arduino, що використовується для управління обертанням задніх коліс візка. Середня за результатами всіх вимірювань величина мінімального радіусу повороту візка при кінематичному способі повороту більша за радіус при силовому довороті на 0,12-0,49 м (10,7-37,6 %) при коефіцієнтах зчеплення 0,27-0,57. Середнє значення мінімального радіуса повороту за результатами випробувань на шести типах покриття випробувальних площадок при кінематичному повороті становить 1,20 м, при силовому довороті - 0,87 м, що менше на 0,34 м (28 %). На основі результатів вимірювань вперше було встановлено емпіричну залежність мінімального радіуса повороту лабораторного візка відповідно до коефіцієнта зчеплення опірної поверхні, яка дозволяє визначати зв'язок між коефіцієнтом обертання задніх ведучих коліс транспортного засобу окремо правого і лівого борту й його показниками маневреності відповідно до властивостей опорної поверхні. Проведено порівняльний аналіз розрахункових та емпіричних значень мінімальних радіусів повороту візка. Отримані відхилення показників (9,6-17,3 %) свідчать про те, що математична модель силового довороту дозволяє прогнозувати показники маневреності транспортного засобу з високою точністю.

Ключові слова: коефіцієнти зчеплення, автотранспортні засоби, робочий простір.

Проблема та її зв'язок з науковими та прикладними завданнями. Одним із різновидів автотранспортних засобів з електромеханічною трансмісією є великовантажні кар'єрні самоскиди. У теперішній час нагальною проблемою, пов'язаною з ними, залишається питання підвищення їх експлуатаційних властивостей в умовах глибоких кар'єрів [0,0,0,0]. Зокрема, з метою поліпшення маневрових властивостей великовантажних самоскидів БелАЗ-75131 [0] у стиснених умовах робочого простору Криворізьких кар'єрів, було запропоновано примусове управління частотами обертання тягових двигунів їх задніх коліс окремо правого і лівого борту, яке технічно можливо завдяки використанню на даних машинах електромеханічної трансмісії.

Для впровадження алгоритму управління розроблено математичну модель силового довороту [0]. При цьому вперше отримано залежність відношення кутових швидкостей задніх ведучих коліс від коефіцієнта зчеплення, виконання якого дозволить кар'єрному самоскиду здійснювати маневр із силовим доворотом. Також вперше було отримано залежність радіуса повороту від коефіцієнта зчеплення, яка дозволяє визначати ефективність використання даного способу повороту на кар'єрних самоскидах [0].

Отже, актуальним стає питання відповідності отриманих залежностей реальним процесам, яке може бути вирішено за допомогою проведення досліджень у лабораторних умовах.

Аналіз досліджень і публікацій. Створення фізичних моделей автотранспортних засобів для проведення експериментальних досліджень передбачає використання теорії подібності для відповідності робочих параметрів моделі реальній машині [5]. Однак фізичних моделей, які б давали можливість примусового управління частотами обертання їх задніх коліс окремо правого і лівого борту за отриманою вперше залежністю, не було розроблено раніше.

Постановка задачі. Метою роботи є перевірка отриманих вперше залежностей, які використовуються для описання процесу силового довороту колісної машини, шляхом проведення лабораторного експерименту.

Перевірка математичної моделі силового довороту із можливим подальшим її уточненням потребує вирішення відповідних задач:

визначення мінімальних радіусів повороту лабораторної моделі при використанні кінематичного способу управління поворотом та при силовому довороті;

установлення відхилення емпіричного та розрахункового мінімального радіуса повороту лабораторної моделі при силовому довороті;

установлення емпіричної залежності мінімального радіуса повороту лабораторної моделі від коефіцієнта зчеплення при силовому довороті у вигляді рівняння регресії;

порівняння емпіричної та аналітичної залежності мінімального радіуса повороту лабораторної моделі від коефіцієнта зчеплення при використанні силового довороту.

Вирішення наведених задач дозволяє визначити вплив способу управління поворотом лабораторної моделі (автотранспортного засобу) на показники маневреності на різних опорних поверхнях.

Викладення матеріалу і результати. Підготовка до лабораторних випробувань потребувала відтворення умов руху кар'єрного самоскида у вигляді опорної поверхні випробувальної площадки й розробку та виготовлення лабораторної установки у вигляді візка, робочі параметри якого підбрано з урахуванням масштабного коефіцієнту відповідно до робочих параметрів кар'єрного самоскида БелАЗ-7513 [0,0].

Проведення лабораторного дослідження включало такі етапи:

визначення коефіцієнтів опору кочення та зчеплення колеса з опорною поверхнею випробувальних площадок;

розрахунок мінімальних радіусів повороту лабораторної моделі залежно від визначених коефіцієнтів зчеплення опорних поверхонь випробувальних площадок;

здійснення повороту лабораторної моделі за рахунок передніх коліс й розподілу крутних моментів задніх ведучих коліс за принципом електричного диференціала (кінематичний поворот);

здійснення повороту лабораторної моделі за рахунок передніх коліс й розподілу крутних моментів задніх ведучих коліс у відповідності до встановленої математичної залежності відношення кутових швидкостей задніх ведучих коліс окремого правого і лівого борту від коефіцієнта зчеплення (силовий доворот);

замір мінімальних радіусів повороту лабораторної моделі при використанні кінематичного повороту та силового довороту.

Для проведення лабораторних досліджень використовувались такі інструменти: динамометр ДПУ-0,01-2 зі шкалою ділення 0,001 кН (0,1 кг) другого класу точності для вимірювання коефіцієнта опору кочення; динамометр ДПУ-0,02-2 зі шкалою ділення 0,002 кН (0,2 кг) другого класу точності для вимірювання коефіцієнта зчеплення; вольтметр для визначення напруги джерела живлення; двоканальний USB-осцилограф для контролю стану електродвигунів ведучих коліс під час виконання лабораторним візком маневру; трос сталевий діаметром 2,0 мм для буксирування візка; рулетка маркшейдерська сталеві довжиною 5 м для замірів радіусів повороту; крейда в якості маркерів й для позначення необхідних для замірів точок траєкторії руху візка.

Для визначення необхідних відношень кутових швидкостей задніх ведучих коліс лабораторної моделі окремо правого і лівого до центра повороту борту, яке визначає радіус повороту візка, необхідно було визначити коефіцієнти зчеплення коліс з покриттям випробувальної площадки. Коефіцієнт опору кочення та коефіцієнт зчеплення встановлювались за допомогою буксирування лабораторного візка у повздовжньому напрямку [0,0].

Визначення коефіцієнта опору кочення полягало у ручному буксируванні візка за передню частину рами за допомогою тросу при фіксуванні показників динамометра [0,0]. Визначення коефіцієнта зчеплення полягало у ручному буксируванні лабораторної моделі тросом за передню частину рами при заблокованих колесах (при 100 % ковзанні коліс) та фіксуванні показників динамометра. Досліди повторювались 5 разів на кожному типі покриття: асфальтобетонному, гравійному та абразивному папері різної зернистості.

Управління частотою обертання електродвигунів задніх ведучих коліс лабораторної моделі здійснюється за допомогою сигналів з широтно-імпульсною модуляцією (ШІМ): зміна їх частоти призводить до зміни кількості енергії, яка поступає на електродвигун за одиницю часу, так зменшується або збільшується частота обертання (кутова швидкість) вала електродвигуна. Блок управління складається із плати Arduino Uno з програмованим мікроконтролером ATmega 328 [0]. У середовищі Arduino є можливість контрольованої зміни коефіцієнта заповнення ШІМ-сигналів від 0 до 100 % (повний рівень напруги), регулюючи значення параметра функції від 0 до 255. Інтегроване середовище розробки Arduino включає в себе редактор коду, компілятор і модуль передачі програми у плату. Період і коефіцієнт заповнення ШІМ-сигнала створюється функцією analogWrite. Остання виконується до тих пір, поки на виводі плати Arduino, який визначений як вивід із ШІМ-сигналом, не буде викликана нова функція analogWrite, або функції digitalWrite, digitalWrite для цього ж самого виводу. Функція analogWrite має формат: analogWrite (вивід, значення); де вивід - це номер виводу порту Arduino, значення – це значення коефіцієнта заповнення від 0 до 255.

Плата Arduino Uno програмується через USB-інтерфейс за допомогою мікросхеми конвертера Atmega 8, виконаної у SMD-корпусі, що дозволяє використовувати стандартні драйвери USB COM.

Таким чином, програмоване управління частотою обертання окремого електродвигуна правого і лівого борту лабораторної моделі включає: створення скетч-файлу за допомогою програмного забезпечення Arduino 1.0.5 (коду на C++), компіляцію, завантаження коду через USB, виконання коду та початок руху у відповідності до завантаженої програми.

Маневрування при розподілі крутних моментів задніх ведучих коліс за принципом електричного диференціала (кінематичний поворот) здійснювалось за рахунок повороту передніх

керованих коліс лабораторної моделі, виставлених на максимальні кути. При цьому у скетчах коефіцієнти заповнення ШІМ-сигналів на електродвигунах задніх ведучих коліс окремо правого і лівого борту задавалися рівними, що призводило до вирівнювання кутових швидкостей задніх ведучих коліс на повороті.

Силовий доворот лабораторної моделі забезпечувався за рахунок фіксованого кута повороту передніх коліс, який мав максимальне значення, та виконання відношення кутових швидкостей задніх ведучих коліс окремого правого та лівого борту відповідно до коефіцієнта зчеплення, яке визначалося за допомогою аналітичної залежності, на перевірку якої і було спрямовано лабораторний експеримент.

На рис. 1,2 показано приклад випробувань візка на слизькому асфальтобетонному покритті. Лабораторний візок виконував тільки лівий поворот, оскільки особливості руху машини не залежать від того, в який бік виконується маневр, натомість збільшується кількість скетч-файлів у два рази й ускладнюється програма управління.

Траєкторія руху візка фіксувалась крейдяними маркерами, один з яких був установлений у центрі мас, а два інших - у точках, які відповідають максимальній габаритній ширині кар'єрного самоскида з урахуванням коефіцієнта подібності 12,0. При русі лабораторного візка на опорній поверхні залишались три сліди від крейдяних олівців, які було змонтовано на плаваючих кріпленнях, що забезпечувало постійний контакт крейди з опорною поверхнею (див. рис. 1). Для визначення траєкторії візка при кінематичному повороті були використані крейдяні олівці білого кольору, при маневруванні із застосуванням силового довороту - крейда синього кольору.



Рис. 1. Лабораторна модель перед початком виконання маневру

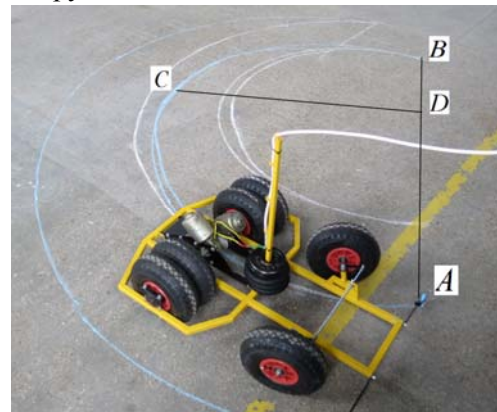


Рис. 2. Визначення мінімального радіуса повороту лабораторного візка

Для спрощення процедури визначення різниці мінімальних радіусів, отриманих при кінематичному способі повороту і силового довороті, лабораторний візок був зупинений біля одного і того ж місця, відміченого на асфальтобетонному покритті випробувальної площадки (див. рис. 1,2) жовтою лінією. Як видно з рис. 2, при кінематичному способі повороту розворот візка характеризувався наближенням траєкторії руху внутрішнього до центра повороту колеса до траєкторії руху центра мас на початку і в кінці маневру, а при використанні примусового управління обертанням задніх коліс - у середині маневру, оскільки саме тоді відбувається доворот візка.

Радіус траєкторії крейдяного маркера визначався вимірюванням за допомогою рулетки в отриманому сегменті його траєкторії, хорди й висоти кола (див. рис. 2) та розрахунку радіуса кривої за приведеним нижче співвідношенням

$$R = CD/2 + AB^2 / (8 \cdot CD), \quad (1)$$

де CD - висота, м; AB - хорда, м.

Мінімальний радіус повороту візка визначався як сума величини радіуса кривої та половини ширини коліс передніх коліс

$$R_{\text{п}} = R + B_1/2. \quad (2)$$

Після замірів мінімальних радіусів повороту визначалась його середня величина для кожного типу опорної поверхні випробувальних площадок та установлювалась емпірична залежність (рівняння регресії) мінімального радіуса повороту лабораторної моделі від коефіцієнта зчеплення.

Обробка результатів визначення коефіцієнта зчеплення колеса була проведена згідно з відомою методикою [0].

У результаті було отримано такі значення коефіцієнтів опору кочення і зчеплення:

коефіцієнт опору кочення для сухої випробувальної площадки із розміром зерен 2,0-6,1 мм становив 0,094, для зволоженої - 0,166;

коефіцієнт зчеплення для сухої випробувальної площадки із розміром зерен 2,0-6,1 мм - 0,28, для зволоженої - 0,41.

Коефіцієнт зчеплення асфальтобетонного покриття випробувальної площадки становив 0,36, що співпадає із коефіцієнтом зчеплення абразивного паперу 0,075-0,106. У зв'язку з цим, при повороті візка на асфальтобетоні були отримані такі ж показники, що й при маневруванні на опорній поверхні з вказаною зернистістю, тому у таблицях 1-2 результати експерименту на асфальтобетоні не показано.

Різниця між визначеним коефіцієнтом опору кочення та типовим його значенням становила: для випробувальної площадки із розміром зерен 0,4-2,0 - 27,1 %, для сухої випробувальної площадки із розміром зерен 2,0-6,1 мм - 5,6 %, для такої ж зволоженої випробувальної площадки - 15,7 %. Різниця між встановленим коефіцієнтом зчеплення та типовим його значенням: для випробувальної площадки із розміром зерен 0,4-2,0 - 13,2 %, для сухої випробувальної площадки із розміром зерен 2,0-6,1 мм - 22,2 %, для такої ж зволоженої випробувальної площадки - 8,8 %.

Установлено прямий взаємозв'язок між зернистістю абразивного паперу і коефіцієнтами опору кочення та зчеплення: зі збільшенням зернистості, починаючи з розмірів зерен з 75-106 до 850-1000 мкм, збільшується коефіцієнт опору кочення з 0,025 до 0,060 та коефіцієнт зчеплення з 0,36 до 0,56 з довірчим інтервалом рівним $p=0,90$ (рис. 3).

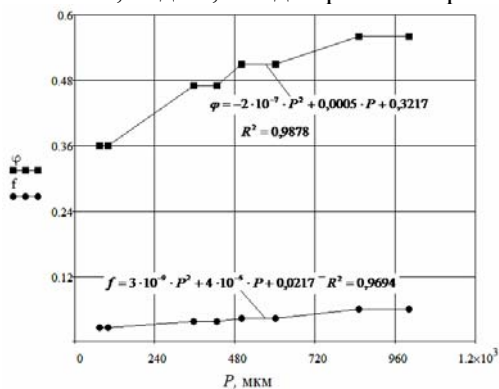


Рис. 3. Залежність коефіцієнтів опору кочення f та зчеплення φ від зернистості опорних поверхонь P , мкм

Відповідно до отриманих значень коефіцієнтів зчеплення опорних поверхонь розрахунковим шляхом було визначено необхідні відношення кутових швидкостей задніх ведучих коліс окремо правого і лівого борту (табл. 1).

Опрацювання замірів мінімальних радіусів повороту лабораторної моделі полягала у визначенні відхилення розрахункового та експериментального мінімального радіуса повороту візка при силовому довороті (табл. 2).

Таблиця 1

Відношення кутових швидкостей задніх ведучих коліс моделі залежно від коефіцієнта зчеплення

Розмір зерен опорної поверхні, мм	Коефіцієнт зчеплення	Відношення кутових швидкостей задніх ведучих коліс, λ	Коефіцієнт заповнення ШІМ-сигнала на задньому колесі лівого борту
0,85-1,0	0,55-0,57	3,15	81
0,50-0,60	0,50-0,52	2,80	92
0,355-0,425	0,46-0,48	2,50	100
0,075-0,106	0,35-0,37	2,00	127
2,0-6,1 (суха)	0,27-0,28	1,70	150
2,0-6,1 (зволожена)	0,40-0,42	2,20	115

Таблиця 2

Відхилення між розрахунковим та експериментальним мінімальним радіусом повороту моделі

Коефіцієнт зчеплення	Радіус повороту, м		Відхилення, %
	розрахунковий	експериментальний	
0,55-0,57	0,67	0,78-0,81	16,4-20,9
0,50-0,52	0,72	0,80-0,82	11,1-13,9
0,46-0,48	0,75	0,86-0,87	14,7-16,0
0,35-0,37	0,94	1,03-1,06	9,6-12,7
0,27-0,28	1,12	0,98-1,01	12,5-9,8
0,40-0,42	0,81	0,67-0,69	17,3-14,8

Відхилення між величиною розрахункового та фактичного мінімального радіуса повороту лабораторної моделі при виконанні маневру із силовим доворотом для випробувальних площадок із коефіцієнтами зчеплення 0,27-0,57 становлять від 9,6 до 17,3 %.

Мінімальні радіуси повороту лабораторної моделі при різних способах управління поворотом були порівняні між собою (табл. 3).

Середня за результатами всіх вимірювань величина мінімального радіусу повороту візка при кінематичному способі повороту більша за радіус при силовому довороті на 0,12-0,49 м (10,7-37,6 %) при коефіцієнтах зчеплення 0,27-0,57.

Середнє значення мінімального радіусу повороту за результатами випробувань на шести типах покриття випробувальних площадок при кінематичному повороті становить 1,20 м, при силовому довороті - 0,87 м, що менше на 0,34 м (28 %).

Таблиця 3

Порівняння мінімального радіуса повороту моделі при кінематичному способі повороту та силовому довороті

Коефіцієнт зчеплення	Радіус повороту, м		Різниця	
	кінематичний поворот	силовий доворот	м	%
0,55-0,57	1,25	0,80	0,45	36,0
0,50-0,52	1,31	0,81	0,49	37,6
0,46-0,48	1,36	0,88	0,48	35,3
0,35-0,37	1,38	1,05	0,33	23,9
0,27-0,28	1,12	1,00	0,12	10,7
0,40-0,42	0,84	0,68	0,16	19,0
Середнє значення	1,20	0,87	0,34	28,0

Припускаючи, що величина коефіцієнтів зчеплення, отриманих для прямолінійного руху, на малих швидкостях зберігається й на повороті, аналітична залежність мінімального радіуса повороту моделі від коефіцієнта зчеплення була підтверджена емпіричною залежністю (див. рисунок 4). Рівняння регресії мінімального радіуса повороту $R_{\text{пме}}$ від коефіцієнта зчеплення описується поліномом другого ступеня із коефіцієнтом достовірності апроксимації $R^2=0,41$

$$R_{\text{пме}} = 3,60 \cdot \varphi^2 - 3,82 \cdot \varphi + 1,82.$$

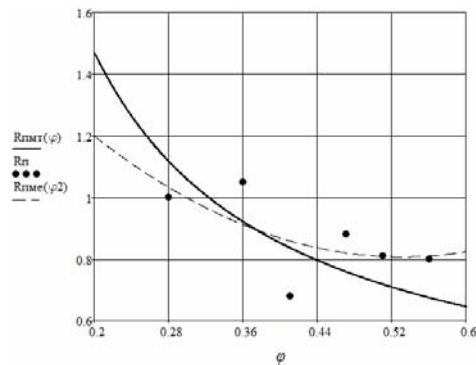


Рис.4. Емпірична та аналітична залежність мінімального радіуса повороту моделі $R_{\text{пме}}$ та $R_{\text{прг}}$ від коефіцієнта зчеплення φ

Висновки та напрямлення подальших досліджень. Таким чином, проведення лабораторних досліджень дозволило зробити такі висновки.

Визначено мінімальний радіус повороту лабораторної моделі при силовому довороті, який зменшується на величину від 0,12 до 0,49 м (від 10,7 до 37,6 %) при коефіцієнтах зчеплення 0,28 – 0,56 у порівнянні із кінематичним поворотом.

Відхилення між величиною розрахункового та емпіричного мінімального радіуса повороту лабораторної моделі при силовому довороті становлять від 9,6 до 17,3 %, не перевищуючи допустимих для експериментів показників [0].

Отримані відхилення розрахункових та емпіричних значень мінімальних радіусів повороту (9,6-17,3 %) свідчать про відповідність математичної моделі силового довороту реальним процесам.

Список літератури

1. Chanda E. K. A comparative study of truck cycle time prediction methods in open-pit mining / E. K. Chanda, S. Gardiner // Engineering, Construction and Architectural Management, 2010. – Vol. 17/ – Iss : 5. – P. 446–460.
2. Vesnin A.V., Sistuk V.O., Bogachevskiy A.O. The analysis of mining conditions influence to operating time of dump trucks traction drive components / A. V. Vesnin, V. O. Sistuk, A. O. Bogachevskiy // Metallurgical and Mining Industry, 2015, No. 3. – Dnipropetrovsk. – P. 268 – 271.
3. Карьерный самосвал БелАЗ-75131 и его модификации. Инструкция по монтажу, пуску, регулировке и обкатке. 7513-3902016-01 ИМ. – РУПП «Белорусский автомобильный завод», 2008. – 44 с.
4. Монастырский Ю. А. Закономерности движения колесной машины на повороте при принудительном регулировании вращения ведущих колес / Ю. А. Монастырский, В. А. Систук // Вісник національного технічного університету «ХПІ»: Зб. наук. праць. Серія : Автомобіле- і тракторобудування. – Харків : НТУ «ХПІ», 2013. – № 29. – С. 65–71.

5. **Веников В. А.** Теория подобия и моделирования (применительно к задачам электроэнергетики): учебник для вузов по спец. «Кибернетика электрических систем» / В. А. Веников, Г. В. Веников.– М.: Высшая школа, 1984. – 439 с.
6. **Pacejka H. B.** Tire and Vehicle Dynamics. – 2nd edition / **H. B. Pacejka.** – SAE International, 2005. – 642 p.
7. **Chadwick J.** Reducing the rolling resistance / **J. Chadwick** // International Mining. – March, 2011. – P. 62–71.
8. Совместимо с Arduino. Поп-бот. Руководство по практическим занятиям. Версия 1.0 стандартная [Электронный ресурс] / Режим доступа : www.TerraElectronica.ru/pdf/INEX/IE-POPBOT_RUS.pdf.
9. **Sistuk V.** The analysis of mining conditions influence to operating time of dump trucks traction drive components [Электронный ресурс] / **A. V. Vesnin, V. O. Sistuk, A. O. Bogachevskiy** // Metallurgical and Mining Industry, 2015.– № 3. – P. 268–271.
10. **Sistuk V.O.** The industrial dust properties as a wear factor of pit trucks electric machines elements [Электронный ресурс] / **A. V. Vesnin, V. O. Sistuk, A. O. Bogachevskiy** // Metallurgical and Mining Industry, 2015.–№ 3. – P. 272–275. Рукопис подано до редакції 21.03.16

УДК 519.876.2

Н. Б. АНДРЕЙШИНА, О.О. ПІДДУБНА кандидати економ. наук, доц.,
КВНЗ «Інститут підприємництва «Стратегія», м. Жовті Води

МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ РЕГІОНАЛЬНОГО ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ

Досліджено сучасний стан системи регіонального екологічного моніторингу в Україні. Впровадження в практичну площину сучасних систем моніторингу стикається як з фінансовими труднощами, так і з слабкою апаратно-технічною базою вимірювальних комплексів. Показано, що в якості основи системи комплексного моніторингу слід використовувати не традиційний інтуїтивний аналіз і експертні методи, а формалізовані алгоритми на основі математичних моделей. Система екологічного моніторингу має представляти собою інтелектуальну інформаційну систему, яка є основою для прийняття еколого-управлінських рішень, спрямованих на покращання якості середовища проживання і на зменшення шкоди, що завдається екосистемі. Розроблена математична модель розрахунку обсягів шкідливих викидів в атмосферу на локальній території промислово-урбанізованого регіону. Запропоновано методику пошуку емпіричної залежності, яка мало ухиляється від контрольних вимірювань, що проводяться на постах забору повітря. Апроксимуюча поверхня має малі градієнти в районі підприємств-забруднювачів, тобто має локальні максимуми або тенденцію до локальних максимумів поблизу підприємств-забруднювачів. Апробація моделі проведена на прикладі міста Кам'янське, яке входить в десятку найбільш забруднених міст України. За даними по карті міста були визначені координати чотирьох постів забору повітря і координати п'яти найбільших підприємств-забруднювачів. Знаючи значення кількості викидів на кожному посту забору шкідливих речовин, для кожної шкідливої речовини, побудовані апроксимуючі поверхні.

Ключові слова: екологічний моніторинг, математичне моделювання, навколишнє середовище, забруднення атмосферного повітря, інформаційна система.

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Для більшості регіонів України проблема екології та екологічної безпеки є найбільш гострою, а в деяких містах за численними показниками стан навколишнього середовища визначається як критичний. Забруднення атмосферного повітря промисловими підприємствами досягло дуже великих масштабів, що впливає на несприятливу екологічну обстановку на локальних міських територіях, таких як житлові масиви, освітні заклади, зони відпочинку, об'єкти культурної та історичної спадщини. Погіршення екологічного становища відбувається через зношування устаткування, відсутність очисних споруд, збільшення шкідливих викидів в атмосферу. Необхідний науково обгрунтований підхід до вирішення цієї проблеми, що має знайти відображення в рішенні задач, починаючи з проектування виробництва і прогнозування наслідків його діяльності для навколишнього середовища

Система моніторингу, яка на сьогодні встановлена і діє на промислових територіях в межах міст не забезпечує отримання оперативної інформації про стан забруднення конкретного міського об'єкту, через те, що контроль на таких територіях проводиться безсистемно та епізодично, в наслідок чого фахівці не мають повної інформації щодо характеру та параметрів забруднення атмосферного повітря на локальній території. Тому актуальною задачею є розробка ефективної системи екологічного моніторингу промислово-урбанізованих територій.

Аналіз досліджень і публікацій. Проблемами моніторингу стану навколишнього середовища, дослідженням факторів впливу на екологічну ситуацію займалися такі зарубіжні та віт-