

3. **Ладыничев Л. В.** Проветривание шахт при разработке месторождений одновременно открытым и подземным способами. // Проблемы охраны труда. – Каунас: КПИ, 1982. – С. 316-317.
4. **Щелканов В.А.** Основные направления развития развития открыто-подземного способа разработки месторождений. – М.: ИП-КОН АН СССР, 1987. – С.16-29.
5. А. с. 1583625 СССР, Е 21 F 1/00. Способ проветривания карьеров / **А.Е. Лапшин, В.Г. Слюсаренко, И.Б. Ошмянский** (СССР). № 4410992/31-03; заявл. 15.04.88; опубл. 07.08.90, Бюл. № 29.
6. Пат. на корисну модель 93859 Україна МПК E21F 1/00. Спосіб провітрювання кар'єрів і шахт при комбінованій роз-робці родовищ / **Лапшин О.Є., Лапшин О.О., Лапшина Д.О.**; заявник і патентовласник Криворізький національний уні-верситет. – № u 201400735; заявл. 27.01.14; опубл. 27.10.14, Бюл. № 20.
7. **Лапшин О.Є., Лапшин О.О. Лапшина Д.О.** Очищення забрудненого повітря при застосуванні відкрито-підземного способу розробки родовищ// Качество минерального сырья. В сб. научн. трудов. Кр. Рог. 2017.- с 366-377.
8. **Фролов А.В.** Исследование высоконапорного гидрообеспыливания пылеулавливающими водовоздушными эжекторами с плоскоструйными форсунками / **А.В. Фролов, В.А. Телегин** // Горный информационно-аналитический бюллетень. Аэрология. – Вып. 5, 2008. – С. 164-1682.
9. Моделирование и проектирование систем гидрообеспыливания / [**В.П. Журавлев, В.И. Саранчук, Н.А. Страхова** та ін.]. – Киев: Наукова думка, 1990. – 132 с.
10. **Jundika, C., Agus, P. Arun, S.** (2015) «Introduction and evaluation of a novel hybrid brattice for improved dust control in underground mining faces : a computational study», International Journal of Mining Science and Technology. – V. 25, Issue 4, pp. 537–543.
11. **Бересневич П.В.** Обоснование параметров и технологических схем использования эжекторной установки в процессе пылегазоподавления и проветривания выработок / **П.В. Бересневич, А.А. Лапшин** // Разработка рудных месторождений – Вып. 89, 2005. – С. 199-203.
12. **Volkwein, J.C., Vinson, R.P., Page, S.J., McWilliams, L.J., Joy, G.J., Mischler, S.E., Tuchman, D.P.** (2006) «Laboratory and field performance of a continuously measuring personal respirable dust monitor» Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, DHHS (NIOSH). № 2006–145, RI 9669.
13. **Chekan, G.J., Listak, J.M., Colinet, J.F.** (2001). «Laboratory testing to quantify dust entrainment during shield advance». Proceedings of the Seventh International Mine Ventilation Congress (Krakow, Poland, June 17–22, 2001), pp. 291–298.
14. **Goodman, G.R., Pollock, D.E., Beck, T.W.** (2004). A comparison of a directional spray system and a flooded-bed scrubber for controlling respirable dust exposures and face gas concentrations. Proceedings of the 10th U.S./North American Mine Ventilation Symposium (Anchorage, AK, May 16–19, 2004), pp. 241–248.
15. **Корж В.А.** Вплив електроактивації аерозолі на інтенсивність пилогазоподавлення при провітрюванні / **В.А. Корж, О.О. Лапшин** // Проблеми охорони праці в Україні. – Вып. 8, 2004 – С. 32-39.

Рукопис подано до редакції 04.04.2018

УДК 621.313.024.67.

А.С. КУЗЬМЕНКО, ст. викладач, Г.В. КОЛОМІЦ, асистент
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СОНЯЧНОГО МАГНІТО-ЛЕВІТАЦІЙНОГО ДВИГУНА

Мета роботи і задачі дослідження. Конструювання та дослідження актуальності використання та подальшого розвитку сонячного магніто-левітаційний двигуна Ларі Спрінга.

Для досягнення поставленої мети потрібно зробити:

обрати оптимальний варіант конструкції двигуна;

створити робочу модель двигуна;

провести випробування та налаштування;

провести досліди та знайти основні закономірності роботи двигуна.

Актуальність роботи. Зараз все частіше постають питання про розробку нових типів двигунів. Досить гостро цей напрям пов'язаний з підприємствами та транспортом, адже більшість двигунів – це покращенні моделі минулого. Нові двигуни повинні бути не тільки ефективніші, але і дешевші.

У ДВНЗ «Криворізький національний університет» існує лабораторія «Електричних машин». Для вивчення сучасних напрямків розвитку електричних машин постійно проводяться дослідження у цьому напрямку У навчальний процес впроваджуються лабораторні роботи по аналізу роботи сучасних двигунів. Останні з таких робіт: «Кроковий двигун», «Вентильний реактивний двигун».

Методи досліджень. При вирішенні задачі використовувались загальні методи обчислювальної техніки, побудовано макет сонячного магніто-левітаційного двигуна.

Наукова новизна. Сконструйована робоча модель сонячного магніто-левітаційного двигуна та досліджені основні його властивості.

Практична. Сучасні електродвигуни, хоча і основані на одному і тому ж законі, що і електромеханічний перетворювач Якобі, проте мають значну різницю. З плином часу, електричні двигуни стали значно потужніші, менші, та

значно виріс їх ККД. Коефіцієнт корисної дії сучасних електродвигунів лежить в межах 85-95%.

Тому так гостро існує питання про пошуку та створення нових ефективних видів двигунів з максимально ефектним перетворенням різних видів відновлюваної енергії в механічну.

Результати. Конструкція двигуна виявилася працездатною. Сучасні магніти дають можливість створювати магнітний підвіс для будь якої маси ротора. Створивши більш масштабну модель з потужною системою збудження та більшою кількістю активних обмоток якоря можливо створити двигун із значним моментом на валу. Також існує можливість приєднувати до валу двигуна механізми, що дає більш широкі можливості використання. В подальшому планується на базі отриманих результатів створити більш масштабну модель двигуна.

Ключові слова: магніто-левітаційний двигун, модель, магнітний підвіс, ротор, фотоелементи.

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-103-85-89

Проблема та її зв'язок з науковими і практичними задачами. В основу для роботи сучасного електричного двигуна покладено принцип електромагнітної індукції – явища зв'язаного з виникненням електрорушійної сили в замкнутому контурі внаслідок зміни магнітного потоку.

Явища магнітні та явища електричні – тісно пов'язані, що і надало вченим багато можливостей. Історія електричних двигунів, як і історія електричного машинобудівництва в цілому обумовлюється законом електромагнітної індукції, відкритого М. Фарадеєм у 1831 році, як і правилом Е. Ленца, згідно якого індукційний струм завжди спрямований таким чином, щоб протидіяти причині його виникнення. Праці двох вчених стали основою для створення першого електродвигуна Бориса Якобі.

Була розглянута можливість створення безколекторного магніто-левітаційного сонячного двигуна Ларі Спрінга, а також аналіз його роботи в залежності від сучасної бази компонентів, світлових та інших впливів. Описані конструкційні особливості даної дослідної моделі, стадії його створення та введення у робочий стан, також результати дослідження, які показують перспективи розвитку даного напрямку сучасних електричних машин.

Аналіз досліджень і публікацій. Сонячний магніто-левітаційний двигун Ларі Спрінга був створений в 1994 році. Він названий іменем округу Мендосино в штаті Каліфорнія, де проживає винахідник.

Ідея двигуна полягає в тому, що комутація відбувається за рахунок перетворення сонячної енергії, яка і є джерелом електричної енергії для обмоток, вперше була написана Дерілом Чапіном у експерименті з сонячною енергією в 1962 році. Експеримент було проведено у будівлі Bell Labs, де було винайдено сучасні сонячні елементи Чапіном та його колегами Кельвіном Фулером, Джеральдом Пірсоном у 1954 році. Замість магнітної левітації використовувалось голка у якості підшипника ковзання з малим тертям та скляний циліндр.

Коли світло падає на одну із сонячних панелей, вона генерує електричний струм, який тече по обмотці ротора. Цей струм виробляє магнітне поле, яке взаємодіє з полем магніту під ротором. Ця взаємодія призводить ротор в обертання. При обертанні ротора наступна сонячна батарея переміщується до світла і збуджує струм в другій обмотці. Процес повторюється до тих пір, поки на батареї падає сонячне світло.

Конструкція двигуна не складна та має такі складові:

каркас (основа) з вертикальною стінкою для утримання двигуна в необхідному положенні;

неодимові магніти – дві пари по два магніти на статорі та, - пара по два магніти на роторі;

латунна трубка – основа ротора;

чотири фотоелементи – 0.5V/100mA;

дві обмотки якоря з мідного проводу – 150 витків на одну обмотку;

інші допоміжні частини каркасу.

Постановка задачі. Була поставлена задача сконструювати та дослідити сонячний магніто-левітаційний двигун Ларі Спрінга, з точки зору можливості його використання у побуті та промисловості. Користуючись відкритими джерелами, було сконструйовано три варіанти даної моделі. Керування двигуном відбувається за рахунок збільшення або зменшення сили магнітного поля збудження та світлового потоку.

Виклад матеріалу і результати. Виготовлення корпусу двигуна. Для моделі сонячного двигуна потрібен немагнітний корпус та вал. Корпус двигуна виготовлено з полікарбонату (органічного скла) товщиною 2 мм.

Налаштування магнітного підвісу двигуна. Платформа двигуна складається з п'яти магнітів. Чотири магніти в підставі відповідають за левітацію, вони взаємодіють з магнітами, які розташовані на валу двигуна. П'ятий магніт забезпечує магнітне поле збудження для ротора. Також обов'язково повинна бути обмежуюча бічна панель, на яку опирається вісь двигуна (рис. 1).

Правильне налаштування магнітного підвісу (рис. 2) обирається з позиції найстійкішого положення валу двигуна.

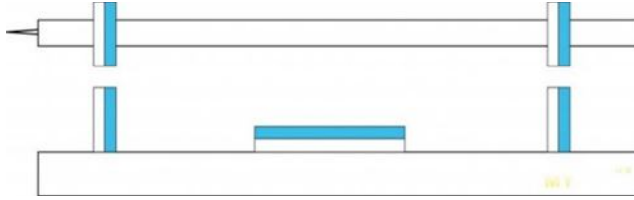


Рис. 1. Магнітна система двигуна

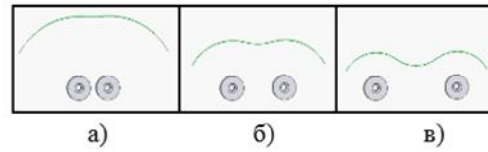


Рис. 2. Поле магнітів: а - не стійке положення; б - положення малої стійкості; в - найбільш стійке положення

Загальну кількість положень поділяють на три групи:

а) не стійке положення – це положення при якому магніти ротору не затримуються у стійкому положенні на магнітах статора;

б) положення малої стійкості може бути використане під час тестового налаштування, але не у якості остаточного налаштування, через те, що під час роботи мотору виникають значні коливання ротору, внаслідок чого велика вірогідність того, що двигун може зійти зі свого конструктивного положення;

в) найбільш стійке положення, під цим розуміється положення максимально стійке для даної моделі.

При цьому прийнятні для нормальної роботи двигуна і положення, що знаходяться між пунктами б та в.

Ротор двигуна. Ротор складається з валу, обмоток, та сонячних панелей. Ротор має квадратний перетин. На блоці ротора, є всі необхідні чотири сонячні батареї; по одній батареї на кожній з чотирьох сторін і два комплекти обмоток (рис. 3).

Конструкція ротору будується на основі замкнутого кола, який складається з джерела струму та обмоток. Як показано на рис. 4, до кожної пари сонячних елементів підключено одну обмотку, саме на цій структурі і базується робота двигуна: світло потрапляє на один сонячний елемент, на обмотці виникають сили магнітної індукції, що примушують її відштовхуватись від інших магнітних полів, в нашому випадку поле магнітів під котушкою ротора, виконується оберт і світло потрапляє на іншу сонячну панель, яка знаходилася з іншого боку, і цикл повторюється.

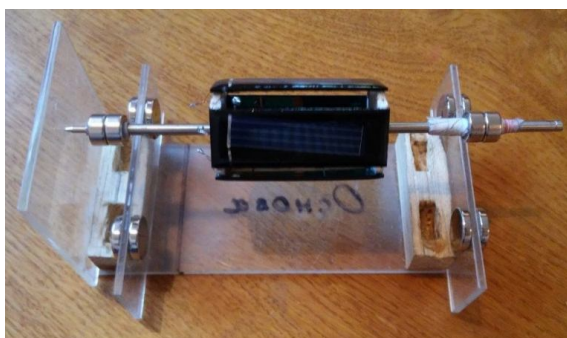


Рис. 3. Загальна конструкція двигуна

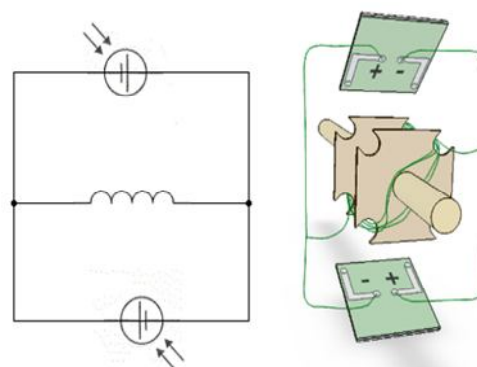


Рис. 4. Електрична схема ротора та схематичне зображення підключення обмоток до фотоелементів

Варто відзначити, що чим більше таких кіл (сонячні панелі - котушка), тим більша здатність двигуна до обертання, а отже і більше потужність.

Характеристики сонячних елементів які використовувалися при проектуванні моделі:

напруга на елементі без навантаження на яскравому сонці - 0,55 В.

струм короткого замикання, в тих же умовах - 0,38 А.

внутрішній опір - 1,447 Ом.

Опір обмоток ротора складає 10 Ом.

Випробування двигуна. Для розрахунку обертового моменту (сили, яка додається до рамки зі струмом з боку магнітного поля) ми використовували закон Ампера

$$F = I \cdot B \cdot l, \quad (1)$$

де I – струм провідника; B – сила магнітної індукції поля; l – довжина провідника; та формулу опору провідника

$$R = \rho \frac{l}{S}, \quad (2)$$

де ρ – питомий опір провідника; l – довжина провідника; S – площа перетину провідника.

Подставивши в формулу геометричні розміри обмотки ротора, отримаємо формулу сили, яка діє на обмотку. Ротор сконструйованого двигуна розміром 60×30мм, де 30мм – сторона рамки, на яку впливає магнітне поле.

$$F = \frac{U \cdot B \cdot 0.03 \cdot n}{r + p / S \cdot 0.18 \cdot n} = \frac{k \cdot n}{1.45 + 0.097 \cdot n} \quad (3)$$

Наступна діаграма ілюструє методику підбору діаметра мідного дроту і кількість витків ротора двигуна.

На діаграмі по осі абсцис вимірюємо кількість витків обмоток ротора двигуна, по осі ординат, коефіцієнт обертового моменту. Діаграми побудовані для мідного дроту діаметром від 0,1 до 1,0 мм (рис. 5).

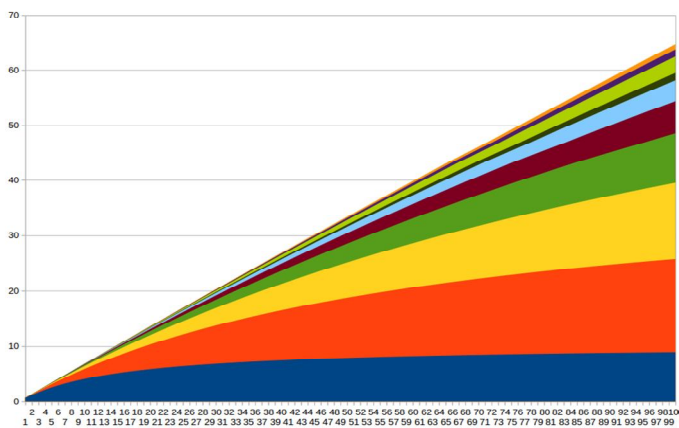


Рис. 5. Графік залежності діаметра дроту від кількості витків

Якщо знехтувати внутрішнім опором сонячного елемента, то обертовий момент не буде залежати від кількості витків на роторі, а буде залежати тільки від діаметра дроту, яким намотаний ротор двигуна.

При створенні робочої моделі використовувався провід діаметром 0,2 мм. З вище представленої діаграми, розрахований крутий момент та кількість витків на роторі

двигуна. Конструктивно намотано на кожному обмотку ротора по 20 витків.

Висновки і напрямок подальших досліджень. Конструкція двигуна виявилася працездатною. Сучасні магніти дають можливість створювати магнітний підвіс для будь якої маси ротора. Створивши більш масштабну модель з потужною системою збудження та більшою кількістю активних обмоток якоря можливо створити двигун з задалегідь розрахованим моментом на валу. В подальшому планується на базі отриманих знань створити більш масштабну модель двигуна.

Список літератури

1. Дэррил М. Чапин (1962). «Использование и демонстраций». Bell System наук Опыт № 2: энергии от Солнца. Bell Telephone Laboratories, Incorporated. стр. 77.
2. J. Appelbaum, Starting and steady-state characteristics of DC motors powered by solar cell generators, IEEE Transactions on Energy Conversion, Том. EC-1, Номер. 1, Стр. 17-25, 1986.
3. A. Coty, Moteur solaire sans entretien, 2011. Адреса: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01076057>. Accessed: Oct. 21, 2014.
4. Solar levitating mendocino motor engine magnetisch schwebend levitation [video]. Адреса: <http://www.youtube.com/watch?v=DUGLNzfy6Y>. Опубликовано 7.11.2010.
5. Движение без трения. // Сайт, посвященный Борису Петровичу Вейнбергу. 2015. URL: http://veinberg.o7.ru/pdf/no_friction_motion.pdf (дата обращения 22.08.2017).
6. Антонов Ю. Ф., Зайцев А. А. Магнитолевитационная транспортная технология / Под ред. В. А. Гапановича. – М.: Физматлит, 2014. – 476 с.
7. Современные машиностроительные материалы. Неметаллические материалы. Справочник под общей редак-

- цией академика И.В. Горынина и д.т.н. А.С. Орыщенко. – СПб: НПО «Профессионал», 2012. – 916 с.
8. Правила расчетов приводных двигателей. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
9. Rentyuk Vladimir «Control stepper motors in both directions» EDN March 18, 2010.
10. Кенио Такаши. Двигатели и их микропроцессорные системы управления: Пер. с англ., М.: Энергоатомиздат, 1987 – 199 с.
11. Белов М.П., Новіков В.А., Розсудів Л. Н. Электропривод типових виробничих механізмів і технологічних комплексів. - 3-е изд., Испр .. - М.: Видавничий центр "Академія", 2007.

Рукопис подано до редакції 02.04.201

УДК (004.94:622.83):622.268.1

Б. Н. АНДРЕЕВ, д-р техн. наук, проф., С. С. СЕРГЕЕВ, ассистент
Криворожский национальный университет

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО–ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА НА УЧАСТКЕ СТРОИТЕЛЬСТВА ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Целью работы является исследование особенностей формирования напряжённо-деформированного состояния массива за плоскостью забоя при сооружении параллельных горных выработок.

Методы исследования. Поставленная в работе цель достигнута путем оценки результатов лабораторных исследований, компьютерного моделирования и иных апробированных методов решения геомеханических задач.

Научная новизна исследования заключается в установлении зависимостей размеров зоны неравнокомпонентных напряжения за плоскостью забоя от расстояния между параллельными выработками, направленных на совершенствование технологии геостроительства.

Практическая значимость. Полученные зависимости напряженно – деформированного состояния приконтурной области массивов параллельно строящихся выработок, позволяют определить способ проведения сооружения и рациональный тип крепления, для обеспечения должного закрепного пространства и долгосрочного использования подземных объектов.

Результаты. Рассмотрены особенности сооружения горных выработок на шахтах Криворожского бассейна. Определена оптимальная программа, на основе методов конечных элементов позволяющая рассчитать перемещения, деформации, напряжения, внутренние усилия, возникающие в теле под действием статической нагрузки. В ходе исследований доказано, что в процессе выемки породы при проведении выработок происходит перераспределение статических напряжений и в призабойной области массива возникает непосредственно примыкающая к плоскости забоя зона неравнокомпонентного напряженного состояния (зона пластических деформаций растяжения), которая переходит в зону сжатия (естественное напряжённое состояние массива). Проанализированы характерные особенности геомеханического состояния массива пород за плоскостью забоя горизонтальных горных выработок. Приведены результаты компьютерного моделирования распределения напряжений естественного поля для условий шахт Криворожского бассейна. Установлены составляющие элементы зоны неравнокомпонентного напряжённого состояния в приконтурной области массива. Определены фактические размеры зоны пластических деформаций растяжения и сжатия за плоскостью забоя параллельных выработок. Получены закономерности перераспределения полей напряжений впереди забоев в зависимости от расстояния между параллельными выработками. Уточнены фактические размеры целика между однотипными подземными объектами исключая взаимное влияние на контур сооружений.

Ключевые слова: горизонтальная горная выработка; геостроительство; компьютерное моделирование.

doi: 10.31721/2306-5435-2018-1-103-89-94

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Среди основных направлений расширения минерально-сырьевой базы Криворожского железорудного бассейна большое значение имеет разработка богатых руд на глубоких горизонтах.

Увеличение глубины ведения горных работ сопровождается ухудшением геологических и горнотехнических условий [1, 2]. Это обуславливает необходимость решения задач по получению достоверных сведений о геомеханическом состоянии породного массива, позволяющих одновременно составить представление о характере и интенсивности возможных деформаций горных выработок, а также разработать и внедрить наиболее эффективные для больших глубин технологические решения при строительстве капитальных и подготовительных выработок [3].

Анализ исследований и публикаций. На шахтах и рудниках многих стран мира применяются современные горнопроходческие комплексы ведущих производителей. Основным направлением совершенствования современного горного оборудования, в частности разработок шведской компании «Atlas Copco» и финской «Sandvik Tamrock», является применение на буровых установках и погрузочных машинах компьютеров со специальным программным обес-