

Б.А.Жәутіков¹, А.А.Айкеева², Ф.Б.Жәутіков², П.А.Мұхтарова²

¹Х.Досмұхамедов атындағы Атырау мемлекеттік университеті;

²Е.А.Бөкетов атындағы Қарағанды мемлекеттік университеті
(E-mail: aikееva@mail.ru)

Электрмагниттік көтергіш қондырғысын жасау жолымен тау-кен массасын тасымалдау үшін энергия үнемдеу технологиясын енгізу

2003–2015 жылдардағы Қазақстан Республикасы Индустриалды-инновациялық стратегиясында және 2010–2014 жылдардағы Қазақстан Республикасы дамуының индустриалды-инновациялық форсирленген мемлекеттік бағдарламасында ескірген технология, техника және құрылғыларды соңғы ғылыми және инженерлік жетістіктермен жаңарту курсы қарастырылған. Тау-кен массасын терең горизонттардан жаңа шахталық және карьерлік машиналарсыз тиімді алу мүмкін емес. Сондықтан жаңа көтергіш қондырғыларды жасау тау-кен массасын көтерудің тиімді әдісі болып табылады. Жұмыстың негізгі идеясы скиптің көтеру және қозғалысы үшін электрмагниттік өрісті қолдануда жатыр. Қазіргі уақытта пайдаланылатын көтергіш машиналармен салыстырғанда, бұл көтергіш қондырғының жүк көтерімділігі артық, ал жұмсалатын электр энергиясы аз.

Кілт сөздер: тау-кен, машиналар, электрмагниттік өріс, көтергіш, қондырғы, үнемдеу технологиясы.

Стационарлық көтергіш қондырғылары шахтадан немесе карьерден пайдалы қазбаларды тасымалдау тізбегінде маңызды буын болып табылады. Бірақ өте ескірген, тиімділігі төмен шахталық көтергіш машиналарын қолдану пайдалы қазбаларының өзіндік құнының бірнеше рет өсуіне алып келді [1].

Кеніштер, шахталар мен карьерлердің жұмыс тиімділігі көбінесе жерасты көлігінің және көтергіш қондырғыларының сенімді жұмысымен анықталады, олар арқылы пайдалы қазбалар жоғарыға шығарылады, құрылғылар мен материалдардың жеткізілуі жүзеге асады.

Қазіргі кезде тау-кен өндіру өнеркәсібінде тау-кен массасын тасымалдау арқан арқылы көтергіш қондырғысымен жүзеге асады, ол көтергіш машинасынан, көтергіш түтікше (скип) жалғанған арқаннан тұрады, скип дінгекте бағытталған өткізгіш арқылы қозғалады [2]. Жоғары өнімді арқан арқылы көтергіш қондырғылары мен үлкен сыйымдылықты скиптарды қолданысқа енгізе бастағаннан кейін көтергіш кешеннің элементтерінің сенімділігі мен қолдану ұзақтығы төмендеді, ал көтергіш түтікшенің өткізуші және бағыттаушы құрылғылары қарқынды түрде механикалық ескіруде. Көтерудің басқа элементтерімен де апат жағдайлар жиілеп кетті, ол динамикалық жүктеменің жоғары деңгейімен түсіндіріледі. Осыдан көтергіш кешеннің элементтерін техникалық қызмет көрсету мен жөндеуге кететін материалдық және еңбек шығыны күрт өседі.

Шахталардан тау-кен массаларын көтеруге қажетті шығынның үздіксіз өсуіне байланысты, пайдалы қазбалардың өзіндік құны артады. Сонымен қатар терең шахталарда арқан арқылы көтергіш қондырғыларды қолдану мүмкіншілігі шектелген, ол, біріншіден, болат арқандардың беріктілігімен және техникалық, эксплуатациялық және экономикалық сипаттамаларының кемшіліктерімен түсіндіріледі.

Карьерлерде де транспорттың әдеттегі түрлері (теміржол, конвейер, автомобиль және арқанды скип) терең орындардан тау-кен массасын көтеру мәселесін көптеген техникалық, экономикалық, технологиялық және ұйымдастыру себептеріне байланысты экономика тұрғысынан, яғни тау-кен массасын тасымалдаудың өздік құнын төмендетуді, тиімді шешуге мүмкіндік бермейді.

Берілген мәселені шешу электрмагниттік көтергіш қондырғыны құруға алып келеді, оның көмегімен аса үлкен массаларды транспорттау мүмкін, яғни берілген технологиялармен салыстырғанда энергетикалық ресурстар аз жұмсалады [3–5].

Электрмагниттік көтергіш қондырғының жұмыс істеу принципі магниттік левитация құбылысында негізделген. Дүние жүзінде тау-кен массаны тасымалдау үшін магниттік левитация қолданылмаған, сондықтан бұл қондырғыны жасаумен бірге тасымалдаудың жаңа инновациялық технологиясы тау-кен өнеркәсібімен қатар басқа да салаларға енгізіледі (мысалы, құрылыста).

Магниттің техникалық қолданыс табуының себебі оның металл заттарды тарту мен ұстап тұру қабілетіне негізделген. Бұл қолданыста электрмагниттер, тұрақты магниттерге қарағанда, үлкен артықшылықтарға ие, себебі электрмагнит орамындағы ток күшінің өзгеруі оның көтергіш күшін реттеуге мүмкіндік береді. Магниттің металды тарту күші магнит пен металл арақашықтығы артқан сайын күрт азаяды. Магниттің көтеру күші деп магниттің оған жақын орналасқан металды ұстап тұру күшін айтамыз, яғни магниттің көтеру күші магниттен оған тартылып тұрған таза жұмсақ темірді ажыратуға кететін күшке тең [6].

Аса үлкен көтерудің күштік электрмагниттер техникада әр түрлі мақсатта қолданылады. Мысалы, электрмагниттік көтеру кранын металлургиялық, металл өңдеуші зауыттарда, темір ломдарды портта дайын өнімдерге ауыстыруда қолданылады.

Металл өңдеуші зауыттарда сонымен қатар магниттік үстелдері бар станоктар пайдаланылады, оған металл заттар күштік электромагниттің тартылуымен бекітіледі. Үстелде металл затты кез келген жағдайда бекіту үшін оны токқа қосу керек, ал оны босату үшін токтан ажыратамыз. Магниттік материалдарды магниттік емес материалдардан бөлу кезінде, мысалы, темір кендерін бос кендерден бөліп алу кезінде магниттік сепараторлар қолданылады, мұнда тазаланатын материал одан барлық магниттік бөлшектерді тартып алатын электромагниттердің күштік магнит өрісі арқылы өтеді. Соңғы жылдары полюстерінің ауданы үлкен қуатты электрмагниттер үдеткіштерді құрастыруда, яғни, электрлік зарядталған бөлшектер — электрондар мен протондар — аса үлкен жылдамдықпен қозғалысқа түсетін, сәйкесінше мың, миллион, миллиард электронвольт энергияға ие болатын арнайы құрылғылар жаңа және маңызды қолданысқа ие [7–10].

2009 жылы ресейлік ғалымдар «V»-түрдегі магниттік көтеруі бар магниттік левитация негізіндегі конвейерді ұсынды. Бұл конвейер тау-кен өнеркәсіп транспорттарында инновация болып табылады және бүгінгі күнге дейін сипаттамасы бойынша аналогы жоқ. АҚШ-та конвейерлі лентаның тұрақты магниттік көтеруі бар (US 7,422,100 B2) патент берілген [11].

Қазіргі уақытта магниттік левитация негізіндегі пойыздар бар, олар 400–500 км/сағ жылдамдыққа ие бола алады. Электрмагниттік көтергіш қондырғыларының негізі ретінде осы пойыздардың магниттік левитация негізіндегі жұмыс істеу принципін аламыз. Қазіргі уақытта пойыздардың магниттік көтеруінің 3 негізгі технологиясы бар: 1) аса жоғарғы өткізгішті магниттері бар (электродинамикалық көтеруі); 2) электрмагниттері бар (электрмагниттік көтеруі); 3) тұрақты магниттері бар; бұл жаңа және аз шығынды жүйе. Пойыз магниттердің аттас полюстерінің тебілуі және, керісінше, әр аттас полюстерінің тартылуы негізінде левитацияланады. Қозғалыс пойызда немесе жолда, немесе екі жақта орналасқан сызықты қозғалтқыш арқылы жүзеге асады. Біз көтергіш қондырғыны құрастырғанда электрмагниттерді қолданамыз. Пойызды жобалау барысында ең үлкен мәселе болып қуатты магниттердің үлкен салмағы табылады, себебі массивті пойызды ауада ұстап тұру үшін күшті магнит өрісі қажет. Тау-кен массасын тасымалдау үшін үлкен жылдамдықтың қажет болмауынан және жүгі бар скиптың массасы пойыз массасына қарағанда аз болуына байланысты жүкті 10–20 м/с жылдамдықпен тасымалдауға мүмкіндік беретін тұрақты электрмагнитті жүйе құрастыруға болады, ол тау-кен және құрылыс өнеркәсіптерінде тасымалдау қажеттілігін қанағаттандырады [6; 12].

Қазіргі кезде магнитті левитацияға негізделген электрмагниттік көтергіш қондырғысын жобалау мен есептеу кезінде қолданатын қажетті жалпыланған теориялық және тәжірибелік зерттеулер жоқ.

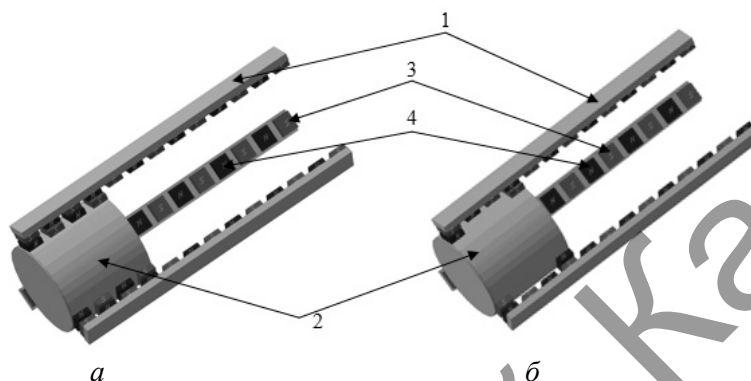
Ұсынылып отырған технологияның негізі болып скиптың арқансыз көтерілуі мен қозғалуына электрмагниттік өріс күшін (магнитті левитация) қолдану болып табылады.

Электрмагниттік көтергіш қондырғы көтергіш түтікшеден (скип), электрмагниттерден (немесе тұрақты магниттер) және бағыттаушы өткізгіштерден тұрады [13]. Электрмагниттік өзара әсерлесу күші әсерінен түтікше қозғалады. Скип пен бағыттаушы қондырғының арасында саңылау болғандықтан, үйкеліс болмайды, тек тежеуші күш болып аэродинамикалық кедергі ғана табылады.

Қазіргі таңдағы басқа көтергіш машиналарға карағанда бұл қондырғы электр энергиясы мен басқа энергетикалық ресурстардың аз шығыны кезінде үлкен жүк көтергіш қасиетіне ие, сондықтан бұл тасымалдау технологияны энергия үнемдеуші технологиялар қатарына жатқызуға болады.

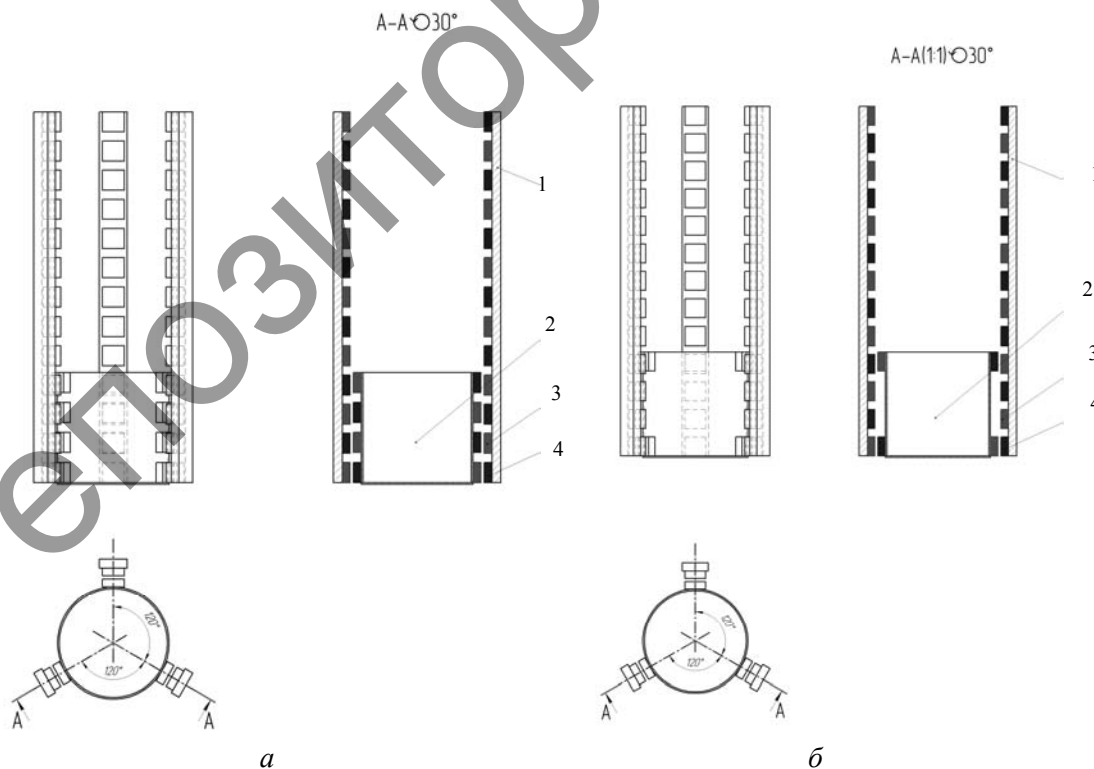
Ұсынылып отырған электрмагниттік көтергіш қондырғысының құрылымы 1–4 суреттерде көрсетілген. Қондырғының негізгі элементі бағыттаушы өткізгіштер (1), скип (2), электрмагниттер (3, 4). Қондырғы екі нұсқада жүзеге асады:

1. Скип цилиндр формасында жасалған (1, 2-сур.). Үш бағыттаушы өткізгіш (1) бір-біріне 120 градус бұрышпен орналасқан. Бағыттаушы өткізгіштің ұзындығы бойынша оңтүстік полюсі мен (S) (3) солтүстік полюсі (N) (4) кезектесе орналасқан электрмагниттері (3, 4) бар.



a — электрмагниттер скиптың биіктігі бойынша орналасқан; *б* — электрмагниттер скиптың төменгі және жоғарғы бөлігінде орналасқан; 1 — бағыттаушы өткізгіштер; 2 — скип; 3 — оңтүстік полюсті (S) электрмагнит; 4 — солтүстік полюсті (N) электрмагнит

1-сурет. Формасы цилиндрлы скипы бар электрмагниттік көтергіш қондырғы



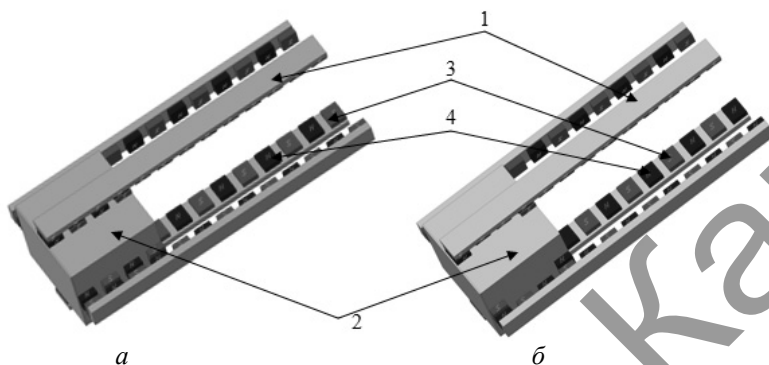
1 — бағыттаушы өткізгіштер; 2 — скип; 3 — оңтүстік полюсті (S) электрмагнит; 4 — солтүстік полюсті (N) электрмагнит

2-сурет. Формасы цилиндрлі скипы бар электрмагниттік көтергіш қондырғының сызбасы

Скипта оңтүстік полюсі (S) мен солтүстік полюсі (N) кезектескен электрмагниттер (немесе тұрақты магниттер) орналасқан (3, 4). Скиптағы электрмагниттер саны скиптың барлық биіктігі бойынша (1а, 2а-сур.) немесе скиптың жоғарғы және төменгі бөлігінде болуы мүмкін (1б, 2б-сур.).

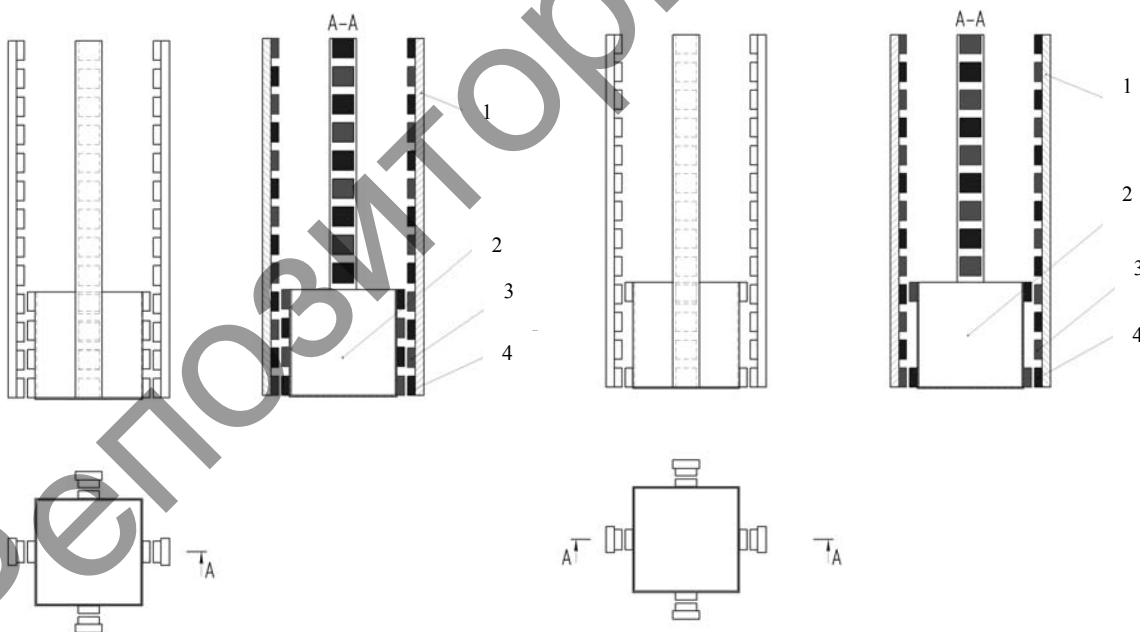
Электрмагниттер келесі түрде орналасқан, яғни өткізгіштегі және скиптағы электрмагниттің әр аттас полюстері тартылғанда, аттас полюстері тебіледі. Осыдан скип қозғалысқа келтіріледі. Скиптың қозғалыс жылдамдығы қоректену кернеуіне байланысты электрмагниттің электрмагниттік күшімен реттеледі. Бағыттаушы өткізгіштердің 120 градус бұрышпен орналасуы скиптың қозғалысын ортаға келтіруге мүмкіндік береді.

2. Скип параллелепипед формасында көрсетілген (3, 4-сур.).



а — электрмагниттер скиптың биіктігі бойынша орналасқан; б — электрмагниттер скиптың төменгі және жоғарғы бөлігінде орналасқан; 1 — бағыттаушы өткізгіштер; 2 — скип; 3 — оңтүстік полюсті (S) электрмагнит; 4 — солтүстік полюсті (N) электрмагнит

3-сурет. Формасы параллелепипед скипы бар электрмагниттік көтергіш кондырғы



1 — бағыттаушы өткізгіштер; 2 — скип; 3 — оңтүстік полюсті (S) электрмагнит; 4 — солтүстік полюсті (N) электрмагнит

4-сурет. Формасы параллелепипед скипы бар электрмагниттік көтергіш кондырғының сызбасы

Төрт бағыттаушы өткізгіштер скиптың бүйір жазықтықтарының центріне қатысты орналасқан. Бағытталған өткізгіштердің ұзындығы бойынша оңтүстік полюсі (S) (3) және солтүстік полюсі (N) (4) кезектелген электрмагниттер (3, 4) орналасқан. Скипта оңтүстік полюсі (S) мен солтүстік полюсі (N) кезектескен электрмагниттер (немесе тұрақты магниттер) орналасқан (3, 4). Скиптағы электрмагнит-

тер саны скиптың барлық биіктігі бойынша (3а, 4а-сур.) немесе скиптың жоғарғы және төменгі бөлігінде болуы мүмкін (3б, 4б-сур.).

Электрмагниттер келесі түрде орналасқан, яғни өткізгіштегі және скиптағы электрмагниттің әр аттас полюстері тартылғанда, аттас полюстері тебіледі. Осыдан скип қозғалысқа келтіріледі. Скиптың қозғалыс жылдамдығы қоректену кернеуіне байланысты электрмагниттің электрмагниттік күшімен реттеледі. Бағыттаушы өткізгіштердің 120 градус бұрышпен орналасуы скиптың қозғалысын ортаға келтіруге мүмкіндік береді.

Нарықтың шарты бойынша мемлекеттің бәсекеге қабілетті экономикасын құрастыру барысында тау-кен массасын тасымалдаудың өзіндік құнын азайту мәселесі, яғни пайдалы қазбалардың өзіндік құнын азайту, тек Қазақстанда ғана емес, барлық әлемде маңызды болып табылады.

Электрмагнитті қондырғыны құрастыру терең орналасқан жерлерден пайдалы қазбаларды алу-дың жоғарғы өнімділігі мен экономикалық тиімділік мәселесін шешуге мүмкіндік береді.

Пайдалы қазбаларды өндіру және өңдеу өнеркәсіптері аз энергия шығындау есебінен тау-кен массасын тасымалдауды модернизациялауды, жоғарғы өнімділікті, жылдамдықты, беріктілікті, қауіпсіздікті қамтамасыз етуді қажет етеді.

Тау-кен массасын тасымалдау үшін энергия үнемдеуші технологиясын құрастыру тау-кен өндіру өнеркәсібінің дамуына, оның жаңа деңгейге көтерілуіне, Қазақстанның ішкі нарығында да, әлемдік нарықта да бәсекеге қабілетті өнім алуға септігін тигізеді.

Мақала Қазақстан Республикасының Білім және ғылым министрлігінің грант бойынша қаржыландыру аясында орындалған зерттеу нәтижесінің негізінде «Пайдалы қазбаларды өңдеу технологиясы» басымдылығы бойынша «Электрмагнитті көтергіш қондырғысын жасау жолымен тау-кен массасын алудың энергия үнемдеу технологиясының өңделуі және жаңартылуы» тақырыбында жазылған.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Дроздова Т.Е. Теоретические основы прогрессивных технологий. — М.: МГОУ, 2001. — 212 с.
- 2 Стационарные установки шахт / Под общ. ред. Б.Ф.Братченко. — М.: Недра, 1977. — 440 с.
- 3 Knuth I. Electricische Maschinen mit geradliniger Bewegung und ihre technische Anwendung // Electro-Praktiker. — 1969. — № 1.
- 4 ELCUT — Моделирование двумерных полей методом конечных элементов: Руководство пользователя. Версия 4.2Т. Производственный кооператив ТОР, Санкт-Петербург. — 148 с.
- 5 FEMLAB User's Guide, Version: January 2004, FEMLAB 3.0
- 6 Мани Л. Транспорт, энергетика и будущее / Пер. с англ. — М.: Мир, 1987. — С. 132–139.
- 7 Глебов И.А., Шулаков Н.В., Крутяков Е.А. Проблемы пуска сверхмощных синхронных машин. — Л.: Наука, 1988. — 197 с.
- 8 Свечарник Д.В. Линейный электропривод. — М.: Энергия, 1979. — 152 с.
- 9 Москаленко В.В. Электродвигатели специального назначения. — М.: Энергоиздат, 1981. — 104 с.
- 10 Петленко Б.И., Аитов Р.С. Линейный электропривод качающихся транспортирующих машин // Электричество. — 1992. — № 6. — С. 56–59.
- 11 United States Patent No.: US 7,422,100 B2.
- 12 Иванов-Смоленский А.В. Электромагнитные силы и преобразование энергии в электрических машинах. — М.: Высш. шк., 1989. — 312 с.
- 13 Жаутиков Б.А., Айкеева А.А., Жаутиков Ф.Б., Мухтарова П.А. Электромагнитная подъемная установка (варианты) // Инновационный патент на изобретение № 27177 МЮ РК.

Б.А.Жаутиков, А.А.Айкеева, Ф.Б.Жаутиков, П.А.Мухтарова

Внедрение энергосберегающей технологии транспортировки горной массы путем создания электрмагнитной подъемной установки

В статье отмечено, что в Стратегии индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2003–2015 годы и в Государственной программе по форсированному индустриально-инновационному развитию Республики Казахстан на 2010–2014 годы предусмотрен курс на обновление устаревших технологий, техники и оборудования с учетом последних научных и инженерных дости-

жений. Авторы определяют, что решение проблемы транспортирования горной массы из глубоких горизонтов невозможно без создания новой шахтной и карьерной подъемной машины для более эффективного способа подъема горной массы. Идея авторов работы заключается в применении для подъема и движении скипа силу электромагнитного поля. В отличие от существующих подъемных машин, установка обладает большей грузоподъемностью при меньших затратах электроэнергии.

B.A.Zhautikov, A.A.Aikeyeva, F.B.Zhautikov, P.A.Mukhtarova

The introduction of energy-saving technology for transporting rock mass by creation electromagnetic hoisting installation

In light of the Strategy of Industrial and Innovation Development of Kazakhstan for 2003–2015 and the State program for accelerated industrial-innovative development of Kazakhstan for 2010–2014 years, which provides a course to upgrade outdated technology, machinery and equipment with the latest scientific and engineering achievements. The decision of problem of transportation of rock from the deep levels is impossible without the creation of a new mine and quarry hoisting machine for more efficient ways for lifting the rock mass. The idea of the given work is to use the power of an electromagnetic field (magnetic levitation) for lifting and moving the skip. In contrast to existing hosting machines, the installation has a greater capacity at lower cost electricity.

References

- 1 Drozdova T.E. *Theoretical bases of progressive technologies*, Moscow: MSOU, 2001, 212 p.
- 2 Stationary installations of mines, Gen. ed. by B.F.Bratchenko, Moscow: Nedra, 1977, 440 p.
- 3 Knuth I. *Electro-Praktiker*, 1969, 1.
- 4 *ELCUT — Modeling of two-dimensional fields by a method of final elements*, User's guide, version 4.2T, TORAHS production cooperative, St. Petersburg, 148 p.
- 5 *FEMLAB User's Guide*, Version: January 2004, FEMLAB 3.0.
- 6 Mani L. Transport, power and the future, Moscow: Mir, 1987, p. 132–139.
- 7 Glebov I.A., Shulakov N.V., Krutyakov Ye.A. *Problems of start-up of heavy-duty synchronous cars*, Leningrag: Nauka, 1988, 197 p.
- 8 Svechamnik D.V. *Linear electric drive*, Moscow: Energiya, 1979, 152 p.
- 9 Moskalenko V.V. *Electric motors of a special purpose*, Moscow: Energoizdat, 1981, 104 p.
- 10 Petlenko B.I., Aipov R.S. *Electricity*, 1992, 6, p. 56–59.
- 11 United States Patent No.: US 7,422,100 B2.
- 12 Ivanov-Smolenskiy A.V. *Electromagnetic forces and energy transformation in electric cars*, Moscow: Vysshaya shkola, 1989, 312 p.
- 13 Zhautikov B.A., Aikeyeva A.A., Zhautikov F.B., Mukhtarova P.A. *Electromagnetic lifting installation (options)*: Innovative patent for the invention No. 27177 of the MJ of RK.