

А.А. Айкеева, К.М. Маханов, А.Р. Танскожанова,  
А.Е. Аюбекова, С.С. Каппар, С.А. Изимов

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

## Скиптің қозғалысын қамтамасыз ету үшін бағыттауыш қондырғылардағы электрмагниттердің полярлығын алмастырып қосу сұлбаларын жасау

Мақала электрмагнитті көтергіш қондырғысының басқару жүйесін жасауға бағытталған. Мұндай жүйені жасау үшін электрмагниттердің полюстерін автоматты түрде алмастырып қосатын жүйені әзірлеу қажет. Эксперименттерді алдын ала жүргізу үшін левитациялық жүйенің эксперименттік моделі жасалды. Atmega328 микроконтроллері негізінде Arduino UNO платформасы таңдалып алынды. Сонымен қатар авторлар L293D драйвердің сипаттамасын келтіріп, микросұлбаның құрылымына кіретін драйвердің жұмыс ұстанымын қарастырған.

*Кілт сөздер:* электрмагнитті көтергіш қондырғы, микроконтроллер, КТ805 сериялы транзистор, L293D микросхеманың драйвері.

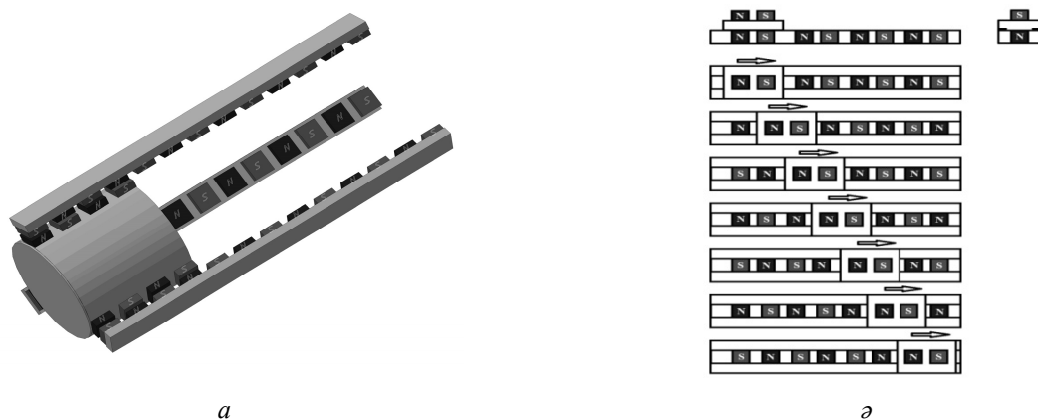
Қазіргі уақытта магнитті левитация құбылысына негізделген электрмагнитті көтергіш қондырғысын есептеу мен жобалау кезінде қолдануға болатын жеткілікті жалпыланған теориялық және эксперименталдық зерттеулер жоқ. Ұсынылатын технологияның мағынасы скипті көтеру мен қозғалту үшін арқансыз көтеру мақсатымен электрмагнит өрісінің күшін (магниттік левитация) қолдануда [1].

Скиптің қозғалысын горизонталь да, вертикаль бағытта да қамтамасыз ету үшін бағыттауыш қондырғылардағы электрмагниттердің полярлығын реттеп алмастырып қосу қажет. Электрмагнитті көтергіш қондырғысының үздіксіз жұмысын қамтамасыз ету үшін жүздеген электрмагниттердің полярлығын алмастырып қосу қажет. Бұл автоматтық басқарылатын жүйені жасау қажеттілігін тудырады.

Қозғалу барысында скипке пайда болу табиғаты мен сипаты әр түрлі күштер әсер етеді. Аталған күштерді электрдинамикалық пен механикалық деп бөлуге болады. Магнит асқышы бар қондырғыларға тән қозғалыс жылдамдықтарының диапазондары үшін жүргізілген эксперименталдық және теориялық зерттеулер нәтижелері ауа ортасының аэродинамикалық кедергісінің күші скиптің қозғалысына кедергі қорытынды күшінің доминантты құраушысы екендігін көрсетті.

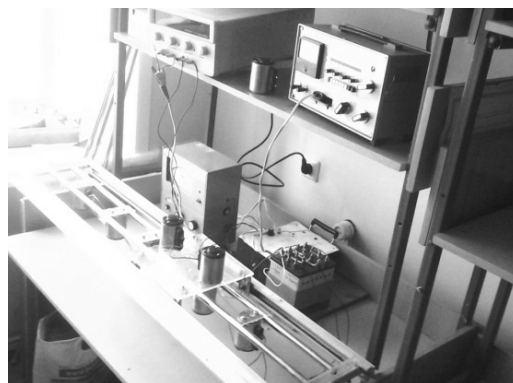
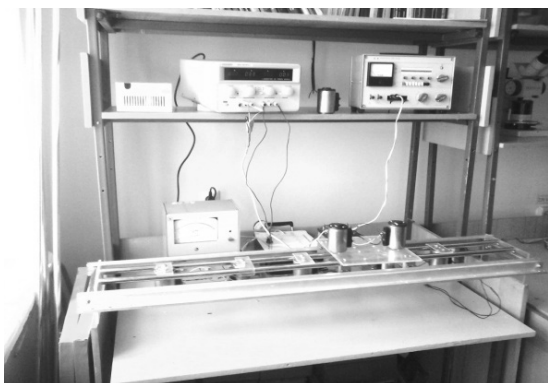
Скипке ауа қабаты тарапынан әсер ететін күштер міндеттің жалпы қойылымы кезінде аэродинамикалық күштің бас векторы мен оның массалар орталығына қатысты болатын бас моментімен анықталады [2].

Эксперименттерді алдын ала жүргізу үшін левитациялық жүйенің эксперименталдық моделі жасалды. Ол модель бір бағыттауыш қондырғы мен оның бойында қозғалатын арбашадан тұрады. Эксперименталдық модельдің сұлбасы 1-суретте көрсетілген.



1-сурет. Эксперименталдық модельдің сұлбасы

Бағыттауыш құрылғы бағыттауыш өткізгіштен және электрмагниттерден тұрады. Бағыттауыш өткізгіштің бойында оңтүстік пен солтүстік полюстері алма-кезек орналастырылған электрмагниттер орнатылған. Бағыттауыш өткізгіште топсаларға (шарнир) арналған ойықтар орнатылған. Арбашада полюстері алма-кезек орналастырылған екі электрмагнит пен топсалар бар (2-сур.).



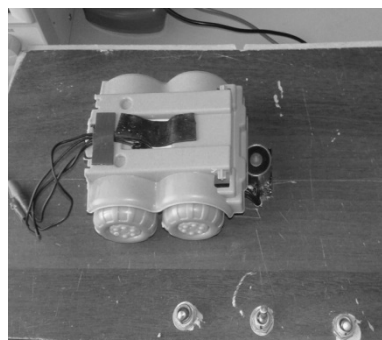
2-сурет. Левитациялық жүйенің тәжірибелік моделі

Электрмагниттерге түсірілетін электр қорек кернеуі өткізгіш пен арбашада орналасқан электрмагниттердің әр аттас полюстері бір-біріне тартылған кезде электрмагниттердің аттас полюстері тебілетіндей етіп беріледі. Осының есебінен арбаша қозғалысқа келеді. Арбашаның қозғалыс жылдамдығы электр қоректендіру кернеу шамасынан тәуелді болатын электрмагниттердің электрмагниттік күші арқылы реттеледі.

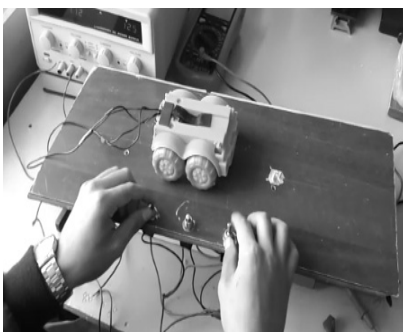
Бірқатар жүргізілген эксперименттер нәтижесінде горизонталь бағыттағы скип (арбаша) моделінің қозғалысы зерттелді (3-сур.).



а) арбашаның бастапқы күйдегі қозғалысы



ә) арбашаның орта жолдағы қозғалысы



б) арбашаның соңғы күйдегі қозғалысы

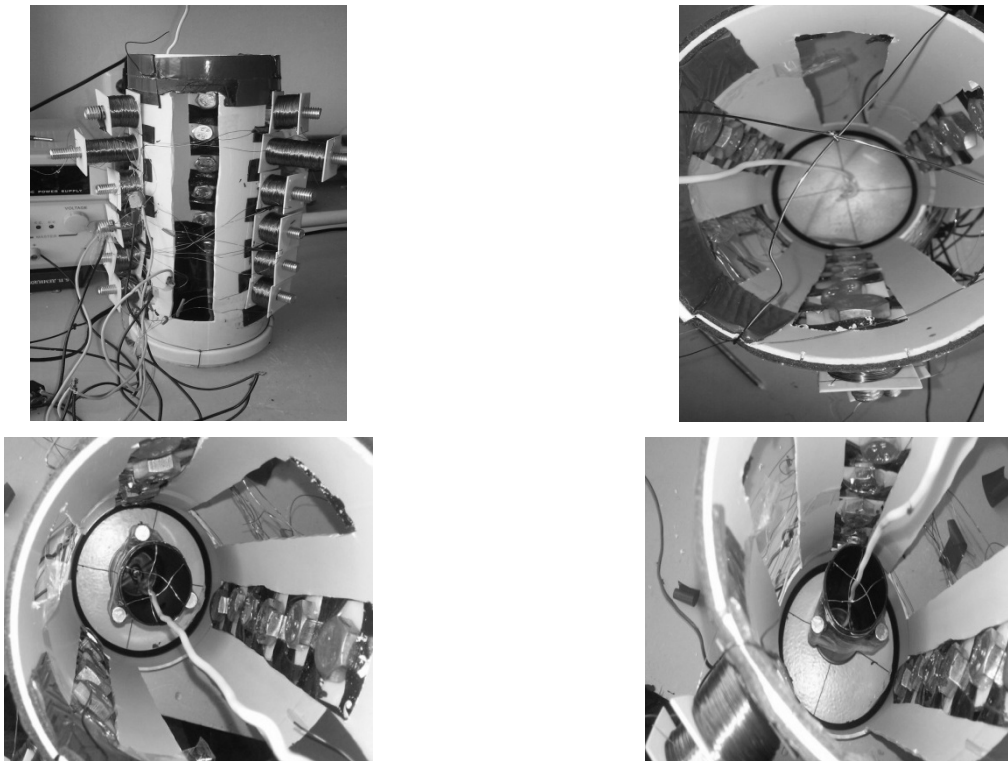


в) арбашаның төменгі жағында орналасқан электрмагниттер

3-сурет. Арбашаның горизонталь бағытта қозғалысы

Стендтің төменгі платформасында полярлығы алма-кезек болатын электрмагниттер орналас-тырылған. Сонымен қатар скиптің (арбаша) моделінің төменгі бөлігінде полярлығы алма-кезек болатын екі электрмагнит орналасқан. Арбаша мен платформадағы электрмагниттер олардың полярлығын ауыстырып қосқан кезде арбаша қозғалысқа келетіндей етіп орналастырылған. Сонымен қатар екі түрлі электрмагниттер үшін де эксперименттер жүргізілді: ферриттік өзегі бар және құрыштан жасалған өзегі бар [3].

Зерттеу барысында бір бағыттауыш құрылғысынан және оның бойымен қозғалатын арбашадан және бір-біріне қатысты 120 градус бұрышпен орналасқан үш бағыттауыш құрылғысынан тұратын левитациялық жүйенің бірнеше эксперименталдық стенді жасалды. Стендтің ішінде скиптің бойында полярлығы кезектесіп ауысатын және бір-біріне қатысты 120 градус бұрыш жасап орналасқан неодим магниттері орналастырылған. Бағыттауыш құрылғы бағыттауыш өткізгіштен және электрмагниттерден тұрады. Бағыттауыш өткізгіштің ұзындығы бойымен оңтүстік пен солтүстік полюстері кезектесіп ауысқан электрмагниттер орналастырылған. Электрмагниттердің параметрлері таңдап алынды (4-сур.).



4-сурет. Скиптің тәжірибелік моделі

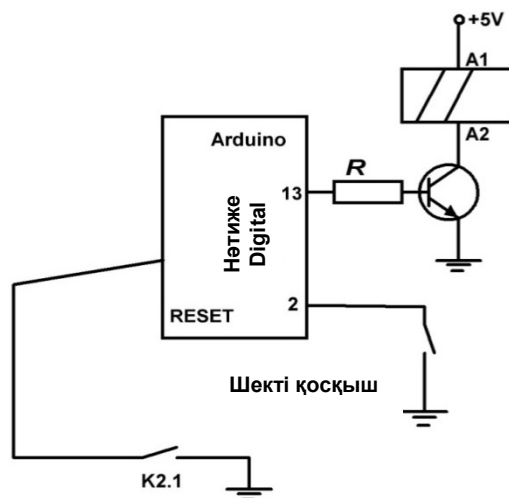
Қолданылатын электрмагниттердің полярлығын автоматты түрде ауыстырып қосу мәселесін шешу үшін реле, транзисторлық кілт пен жинақтағыш резисторлардан тұратын схема жасалып құрастырылды [4].

Басқару бөлігі ретінде Atmega328 микроконтроллер негізіндегі Arduino Uno платформасы таңдап алынды. Бұл таңдау, ең алдымен, берілген платаның мүмкіндіктерімен, буферлік элементтердің қолжетімділігімен (мысалы, L293D), бағдарламалау ортасының қарапайымдылығы мен қолжетімділігімен және т.б. түсіндіріледі. Бірақ берілген таңдаудың басты ерекшелігі болып ішінде орналастырылған транслятор, код компиляторының бар болуы болып табылады. Ішінде орналастырылған программатор келесі мүмкіндіктерді жүзеге асырады:

- қолданылатын микроконтроллерге монтажды платасын арнап жасауын қажет етпейді;
- программаторды сатып алуды талап етпейді.

Бұл жағдай қаражат пен уақытты үнемдеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар микроконтроллердің жеке платасын монтаждау мен жасау барысы қосалқы күрделі жағдайларға ие — схеманы қолмен істеу, басып шығару, дәрілеу және барлық қажет тетіктерді іздеп ұйқастыру.

5-суретке сәйкес бағыттаушы құрылғылардың электрмагниттерінің полярлығын ауыстырып қосу схемасы жасалды.



5-сурет. Электрмагниттердің полярлығын ауыстырып қосудың алдын ала схемасы

Орындаушы элемент (айырып-қосқыш) ретінде SRD-5VDC-SL-C реленің бірарналы модулі қолданылды. Ол тоқ күші немесе кернеу шамасы жоғары жүктемені оңай басқаруға мүмкіндік береді. Берілген схеманың артықшылықтарымен қатар кемшіліктері де бар. Схеманың артықшылығы ретінде реле контактілерінің 100 % қосылуы, айтарлықтай жоғары тоқтардың коммутациялау мүмкіндігін және т.б. айтуға болады. Схеманың кемшіліктері ретінде, ең алдымен, оның көлемді болуын және көптеген релелерді қолдануына байланысты қымбат болуын айтуға болады [5].

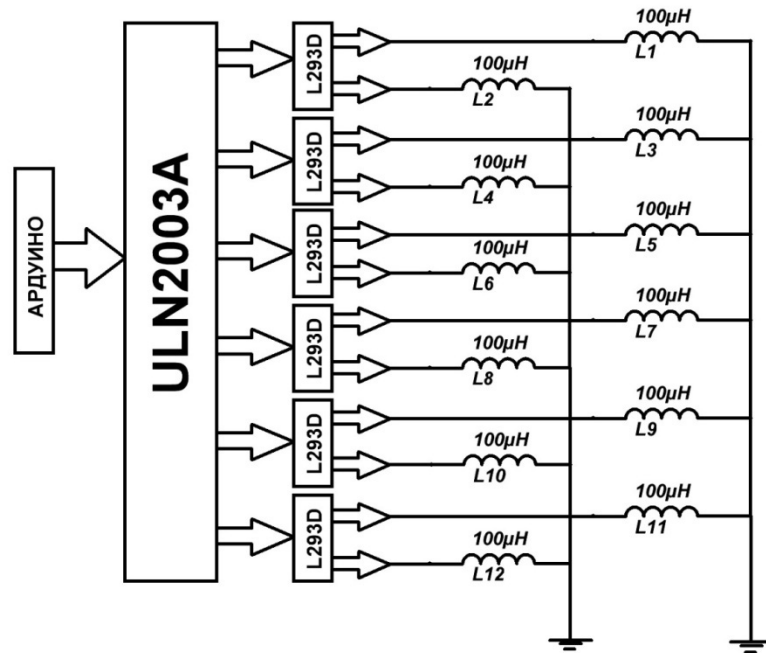
Төрт транзистордан тұратын көпірлік схеманы пайдалану мүмкіндігі қарастырылды. Катушканың әр шықпасына әр түрлі құрылымды ( $p-n-p$  және  $n-p-n$ ) екі транзистор қосылды. Берілген идеяның мән-мағынасы келесіде. База өткізгіштігі әр түрлі екі қарама-қарсы транзисторды бір уақытта ашқан кезде, яғни, контроллердің екі пині арқылы басқару жүзеге асырылатын болса, онда транзисторлар жұбын ауыстыра отырып, катушканың полярлығын өзгертуге болады. Қосу уақыты мен ұзақтығы бағдарлама арқылы анықталады.

Қолданылатын тетіктер саны минимал болатын және микроконтроллердің басқару шықпалары 10–12 электрмагниттік катушка үшін жететіндей схеманы құрастыру қажет болды. Сол себепті схемаға көбірек пин санын қалдыруға және электрмагниттер қосылған кезде кернеу мен тоқ күшінің күрт артуынан сақтандыруын қарастыруға мүмкіндік беретін микросхеманы қосу орынды болды [6].

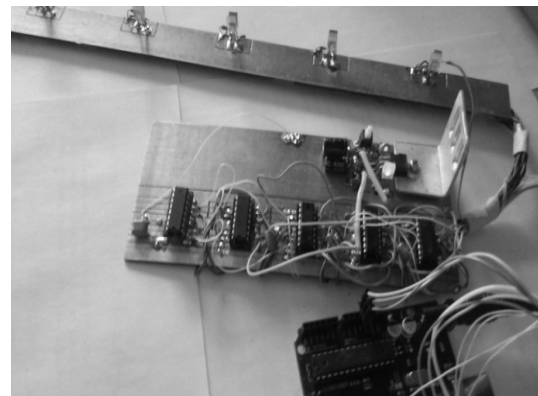
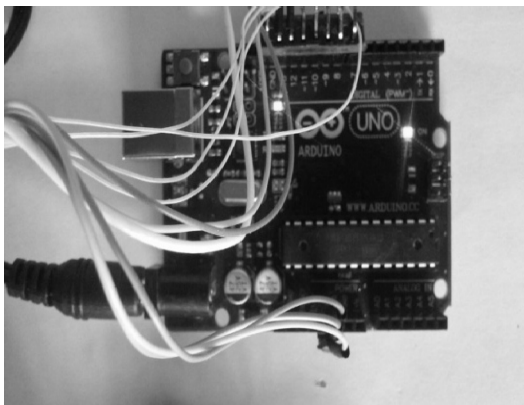
Әдеби мәліметтерге шолу жасалу нәтижесінде схемасы мен жұмыс істеу логикасы қойылған мәселені жүзеге асыруға мүмкіндік беретін микросхемалардың бар екендігін көрсетті. Мұндай микросхемалардың бірі — L293D сериясының микросхемалары. Берілген серияны таңдау басқару тоғының параметрлерінің айтарлықтай жоғары болуымен түсіндіріледі. Берілген серияның техникалық сипаттамалары бойынша пик, яғни максимал мәндер, жағдайында шамасы 1,6 ампер дейін тоқтарды коммутациялауға болады. Берілген шама жұмыста қойылған мәселенің талаптарына жауап береді. Сонымен қатар бір микросхема шықпалар саны мен оларды қосу реті бойынша екі катушканы бір уақытта коммутациялауға мүмкіндік береді. L293D серияның микросхемаларының ерекшелігі — ішінде орналасқан диодтардың бар болуы. Диодтардың кері полярлықта қосылуы схеманың қорғанысын қамтамасыз етеді [7].

Сонымен, біз жасаған схеманың негізі ретінде 6-суретте көрсетілген үшфазалы двигательдің қосылу схемасы алынды.

Жұмыста электрмагнитті катушкалардың полярлығын алмастырып қосу имитациясы жасалды. 7-суретте көрсетілгендей, басқару тиімділігі максимал болу үшін қосу мен көшіру уақытын дәл басқару қажет.



6-сурет. ULN2803A кілтін қолдану негізіндегі қосу схемасы



7-сурет. Электрмагниттердің полярлығын ауыстырып қосуын басқару моделі

Сонымен, автоматтандырылған жүйелік талдау негізінде конструктивті-технологиялық факторларды комплекстік түрде ескеретін электрмагнитті көтергіш қондырғысының конструкциясының имитациялық модельдері жасалды [8].

Электрмагниттік көтергіш қондырғысының үзіліссіз жұмысын қамтамасыз ету үшін қолданылатын тетіктер саны оңтайлы болатын бағыттаушы қондырғылардағы электрмагниттер полярлығын ауыстырып-қосу схемалары жасалып құрастырылды. Басқару транслятор мен код компиляторы бар Atmega328 микроконтроллері мен Arduino UNO платформасы негізінде жүзеге асырылды. Қосу схемасын басқаруында сигналдың кең жолақты-импульстік модуляциясы қолданылды. Схемда шектен тыс қызып кетуден және шектен тыс жүктеме түсіруден қорғанысы қарастырылған.

*Мақала «Пайдалы қазбаларды өңдеу технологиялары» басым бағыты бойынша ҚР БҒМ гранттық қаржыландыру ауқымындағы «Электрмагниттік көтергіш қондырғысын жасау арқылы тау массасын алудың энергия үнемдеу технологиясын негіздеу мен жасау» тақырыбы бойынша, сонымен қатар «Энергетика мен машина жасау» басым бағыты бойынша «Энергоүнемдеу көтергіш қондырғысының комплекстік қорғау және автоматты басқару жүйесін жасау» тақырыбы бойынша орындалған зерттеулер нәтижелері негізінде жазылды.*

## Әдебиеттер тізімі

- 1 Системы автоматизированного проектирования / Под ред. И.П. Норенкова. — Кн. 4: *Трудношин В.А., Пивоварова Н.В.* Математические модели объектов проектирования. — М.: Высш. шк., 1986. — 140 с.
- 2 *Александровский Н.М., Егоров С.В., Кузин Р.Е.* Адаптивные системы автоматического управления сложными технологическими процессами. — М.: Энергия, 1973.
- 3 *Жаутиков Б.А., Айкеева А.А., Жаутиков Ф.Б., Мухтарова П.А.* Электромагнитная подъемная установка (варианты): Инновац. патент на изобр. № 27177 МЮ РК.
- 4 *Цыпкин Я.З.* Основы теории автоматических систем. — М.: Наука, 1977.
- 5 *Кудрявцев Е.М.* GPSS World. Основы имитационного моделирования различных систем. — М.: ДМК Пресс, 2004. — 317 с.
- 6 Интеллектуальные системы автоматического управления / Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина. — М.: Физматлит, 2001.
- 7 *Тер-Акопов А.К.* Динамика быстродействующих электромагнитов. — М.-Л.: Энергия, 1965. — 167 с.
- 8 *Сливинская А.Г.* Электромагниты и постоянные магниты. — М.: Энергия, 1972. — 248 с.

А.А. Айкеева, К.М. Маханов, А.Р. Танскожанова,  
А.Е. Аюбекова, С.С. Каппар, С.А. Изимов

### **Разработка схемы переключения полярности электромагнитов в направляющих устройствах для обеспечения движения скипа**

Данная работа направлена на разработку системы управления электромагнитной подъемной установкой. Для того чтобы разработать такую систему управления, необходимо создать автоматическую систему переключения полюсов. Для проведения экспериментов разработана экспериментальная модель левитационной системы. Выбрана платформа Arduino UNO на базе микроконтроллера Atmega328. Представлено описание драйвера L293D и рассмотрен принцип работы драйвера, входящего в состав микросхемы.

A.A. Aikeyeva, K.M. Makhanov, A.R. Tanskozhanova,  
A.E. Ayubekova, S.S. Kappar, S.A. Izimov

### **Development of polarity electromagnets switching circuit in the directing devices for ensuring skip motion**

This work is directed to the development of the management system of electromagnetic lifting installation. To develop such control system it is necessary to create automatic system of switching the poles. The experiment model of levitation system is developed for carrying out prior experiments. The Arduino UNO platform on the basis of the Atmega328 microcontroller is chosen. In the work the description of L293D driver is presented and the principle of driver operation which is a part of the circuit is considered.

## References

- 1 *Computer aided design*, Ed. by I.P. Norenkov, Book 4: *Trudnoshin V.A., Pivovarova N.V.* *Mathematical models of design objects*, Moscow: Vysshaya shkola, 1986, 140 p.
- 2 *Aleksandrovskiy N.M., Egorov S.V., Kuzin R.E.* *Adaptive systems of automatic control of complex technological processes*, Moscow: Energiya, 1973.
- 3 *Zhautikov B.A., Aikeyeva A.A., Zhautikov F.B., Mukhtarova P.A.* *Electromagnetic lifting installation (unit): Innovative patent No. 27177, MJ of RK.*
- 4 *Tsyppkin Ya.Z.* *Fundamentals of the theory of automatic systems*, Moscow: Nauka, 1977.
- 5 *Kudryavtsev E.M.* *GPSS World. Basics of simulation of different systems*, Moscow: DMK Press, 2004, 317 p.
- 6 *Intelligent systems of automatic control*, Ed. by I.M. Makarov, V.M. Lokhin, Moscow: Fizmatlit, 2001.
- 7 *Ter-Akopov A.K.* *Dynamics of fast electromagnets*, Moscow, Leningrad: Energiya, 1965, 167 p.
- 8 *Slivinskaya A.G.* *Electromagnets and permanent magnets*, Moscow: Energiya, 1972, 248 p.