

Код МРНТИ 55.35.99

Б.С. Бейсенов, К.К. Елемесов, Бортебаев С.А., *Е.Е. Сарыбаев
Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

АУЫР РОТОРЛЫ ЖАБДЫҚТЫҢ НЕГІЗГІ ЖЕТЕГІНІҢ БӨЛІГІ РЕТІНДЕ ПНЕВМАТИКАЛЫҚ ІСКЕ ҚОСУ ҚҰРЫЛҒЫСЫНЫҢ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ-ҚУАТТЫҚ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Тау-кен металлургия кешенінің кәсіпорындарында ауыр роторлы жабдықты іске қосу мәселесі түінді болып табылады. Үлкен инерциялық массасы бар жабдықты пайдалану кезінде іске қосу режимдері ең қолайсыз режимдер болып табылады. Жабдықтың бұл түрін іске қосу кезінде іске қосу құрылғыларына жүктемелердің бірнеше есе артуы байқалады, бұл олардың ресурсының төмендеуіне, электр қозғалтқышының істен шығуына, электр энергиясының пайдалану шығындарының жоғарылауына және т.б. алып келеді. Бұл мақалада ауыр роторлы машиналардың іске қосу тогының мөлшеріне соңғы ажыратқышты орналастыру нүктесінің және жүйедегі қысымның әсерін зерттеу мақсатында тіреуші іске қосу құрылғысының стандарттық сынақтарының нәтижелері келтірілген. Іске қосу тогының сиффон цилиндрінің қуысындағы әртүрлі қысымдардағы жылжымалы траекториядағы соңғы қосқышты орнату нүктесіне тәуелділігінің графикалары алынды.

Түйінді сөздер: шарлы диірмен, іске қосу тогы, рейкалы құрылғы, сиффонды баллон, 3 камералы, сиффон, көмекші жетек.

Research of energy-power parameters of pneumatic balloon starting device as a part of the main drive of equipment with heavy rotor

Abstract. At the enterprises of the mining and metallurgical complex, there is a problem of starting equipment with a heavy rotor. When operating equipment with a large inertial mass, the most unfavorable modes are the starting modes. During the start-up of this type of equipment, there is a multiple excess of loads on the starting devices, which leads to a failure of the electric motor, increased operating costs for electricity, etc. This article presents the results of bench tests of a rack-and-pinion starting device, in order to study the influence of the location point of the limit switch and the pressure in the system on the value of the starting current of machines with a heavy rotor. Graphs of the dependence of the inrush current on the installation point of the limit switch on the sliding trajectory at different pressures in the cavity of the bellows cylinder are obtained.

Key words: ball mill, starting current, rack and pinion device, bellows cylinder, 3-chamber bellows, auxiliary drive.

Исследования энергосиловых параметров пневмобаллонного пускового устройства в составе главного привода оборудования с тяжелым ротором

Аннотация. На предприятиях горно-металлургического комплекса существует проблема пуска оборудования с тяжелым ротором. При эксплуатации оборудования с большой инерционной массой наиболее неблагоприятными режимами являются пусковые режимы. Во время пуска такого вида оборудования наблюдается кратное превышение нагрузок на пусковые устройства, что приводит к снижению их ресурса, выход из строя электродвигателя, повышенные эксплуатационные затраты на электроэнергию и т.д. В данной статье представлены результаты стендовых испытаний реечного пускового устройства с целью исследования влияния точки размещения конечного выключателя и давления в системе на величину пускового тока машин с тяжелым ротором. Получены графики зависимости пускового тока от точки установки конечного выключателя на траектории раздвижки при различных давлениях в полости сиффонного баллона.

Ключевые слова: шаровая мельница, пусковой ток, реечное устройство, сиффонный баллон, 3-х камерный, сиффон, вспомогательный привод.

Кіріспе

Ауыр роторлы технологиялық машиналарды іске қосу проблемалары белгілі, бұл электр қозғалтқыштарының істен шығуына, жетек элементтерінің шамадан тыс жүктелуіне, іске қосу кезінде, ұзақ аялдамаларда және т. б. тыныштық үйкеліс күштерін жеңу қажеттілігіне байланысты тірек қондырғыларының тозуының жоғарылауына әкелетін үлкен іске қосу токтары [1, 2].

Бұл бағыттағы зерттеулердің өзектілігі кен ұнтақтайтын шар диірмендерінің іске қосу режимдерін оңтайландырудан және үлкен моменті бар түпнұсқа қосалқы құрылғыларды пайдаланудан тұрады, бұл іске қосу режимдерінде ауыр роторлы жабдықтың негізгі штаттық жетек құрылғыларына жүктемені айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді, бұл осындай жабдықты пайдаланудың энергия тиімділігіне әкеледі [3-5].

Бұл мәселені шешу үшін сиффон және сына пневмокамералары негізінде іске қосу-көмекші жетектердің нұсқалары әзірленді [6, 7], олар арнайы әзірленген стендтерде сынау кезінде тиімділігін растады. Іске қосу токтары сәйкесінше 30% және 40% төмендеді, бірақ құрылымдық жағынан бұл жетек нұсқалары өте күрделі болды.

Зерттеу әдістемесі

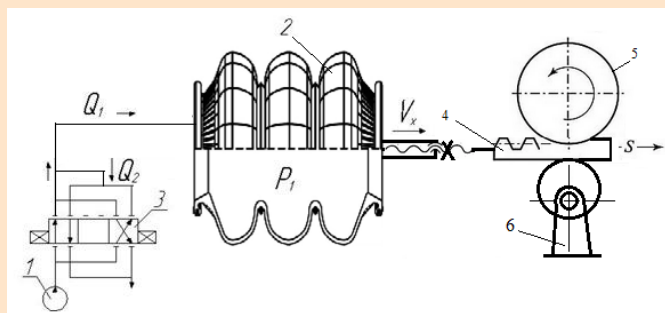
Қазіргі уақытта біз 2021 жылы ҚР патенті алынған рейкалы механизмді пайдалана отырып, іске қосу құрылғысының

нұсқасына келдік [8]. Бірақ бұл шешімді жүзеге асыру үшін бізге максималды жылжымалы сиффонды пневмобаллондар қажет болды. Біздің қолымызда бар екі камералы сиффонды пневмобаллондар максимум 100-10 мм берді, бұл жеткіліксіз болды [9]. Нәтижесінде біз диаметрі 300 мм үш камералы сиффонды пневмобаллондарға 280 мм жылжымалы жүріспен шықтық. Сиффонды пневмобаллон негізінде типтік пневматикалық жетектің есептік схемасы 1-суретте көрсетілген.

Рейкалы типті пневматикалық көмекші іске қосу құрылғысының (ПКІҚҚ) параметрлерін зерттеуге арналған стенд [10] рамадан тұрады, оның соңында пневматикалық басқару блогы бар секциялық тороидальды цилиндр орнатылған (2-сурет), біз оны рейканың қозғалысын басқару блогы деп атадық.

Цилиндрдің алдыңғы қақпағында оған дәнекерленген реттелетін тірек блогы және қайтару механизмінің тірек жеңі бар кронштейн бекітілген. Раманың ортаңғы бөлігінде тісті тәжді орналастыру аймағында (жетекті жартылай муфтада) 1 рельсті көтеру блогы 4 (3-сурет) 2 баллонды сырғыту кезінде 3 тәж тістерімен ілініске енгізу және бас-тапқы қалыпқа оралу кезінде түсіру үшін орнатылған.

Алдын ала талдау және зерттеулер пневматикалық баллондарды барабан диірмендерінің иппневматикалық көмекші іске қосу құрылғыларының (ПКІҚҚ) алдыңғы нұсқаларының қуат элементтері ретінде қолдану мүмкіндігін көрсетті. ПКІҚҚ 0,4-0,5 МПа қысымға есептелді, яғни цехтың пневматикалық желілеріндегі жұмыс қысымы.

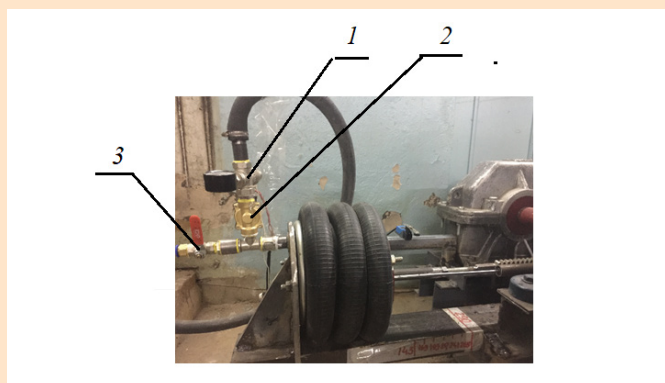


1 – жүйені қоректендіретін компрессор;
2 – пневмобаллон; 3 – пневмореттегіш; 4 – рейка;
5 – жетекші тісті дөңгелек; 6 – рейканы көтеретін
эксцентрикті механизм.

Сурет 1. Сильфонды пневмобаллон базасындағы пневможетектің есептік сұлбасы.

Figure 1. The design scheme of the pneumatic actuator based on a bellows pneumatic cylinder.

Рис. 1. Расчетная схема пневмопривода на базе сильфонного пневмобаллона.

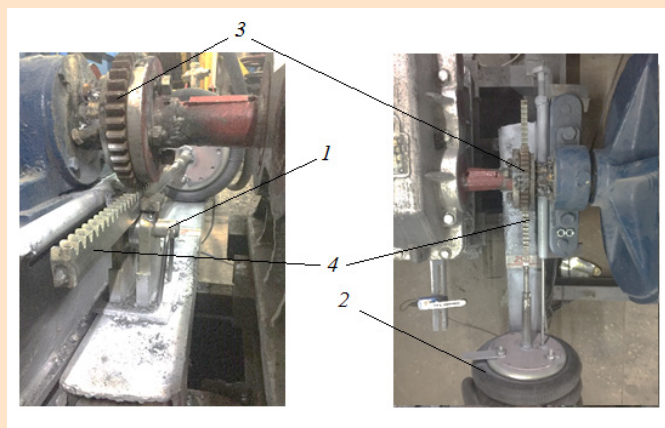


1 – пневматикалық қысым редукторы;
2 – электромагнитті клапан; 3 – қалыпты
жабық ағызу клапаны.

Сурет 2. Сильфонның пневматикалық блогі.

Figure 2. Pneumatic Bellows Block.

Рис. 2. Пневмоблок сильфона.



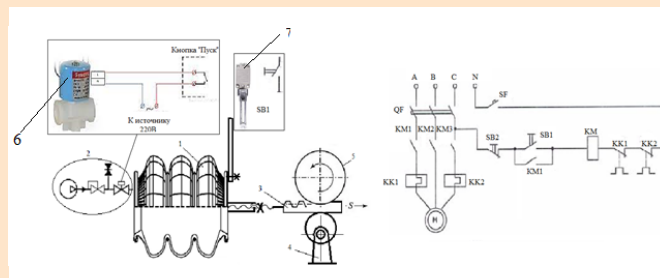
Сурет 3. Рейканы көтеру және түсіру блогы.

Figure 3. Rail lifting and lowering unit.

Рис. 3. Блок подъема и опускания рейки.

Тірек механизмдерінің айрықша ерекшелігі-олар әртүрлі мақсаттағы станоктар мен машиналардың жұмыс бөліктерінің трансляциялық қозғалыстарының мөлшерін өзгертуге мүмкіндік береді және өте кең диапазонда және дәл.

ПКІКҚ басқару үшін автоматты режимде жұмыс істеуге мүмкіндік беретін басқару блогы жасалды (4-сурет).



1 – үш камералы сильфонды баллон; 2 – ауаны берудің басқару блогі; 3 – рейка; 4 – рейканы ілінісуге келтіретін эксцентрикті механизм; 5 – жетекті тісті дөңгелек;
6 – электромагнитті клапан; 7 – іске қосқыш.

Сурет 4. Рейкалы жетекті басқарудың сұлбасы.

Figure 4. Schematic diagram of rack and pinion drive control.

Рис. 4. Принципиальная схема управления речным приводом.

Жүйе келесідей жұмыс істейді:

- пневматикалық магистральдан немесе компрессорлық қондырғының ресиверінен ауа 2 ауа беруді басқару блогына беріледі, онда ол пневматикалық редукторда белгіленген шегіне дейін төмендейді және электромагниттік клапанмен бекітіледі;

- «Бастау» батырмасын басқан кезде электромагниттік клапан 6 ашылады, сығылған ауа сильфон қуысына енеді. Соңғысы сырғанау кезінде тірек блогы барабан білігінің мойнына бекітілген жетек муфтасын айналдырады.

- сильфонның алдыңғы ұшына, соңғы қосқышқа 7 бекітілген аялдамаға жеткенде, соңғысы негізгі электр қозғалтқышының іске қосу релесінің тізбегін жабады, осылайша барабанның айналуын бастайды. Тісті рейка кейіннен жылжытқанда, тәждің тістері тіссіз рельс аймағына енеді. Бұл позициядағы «бастау» батырмасы босатылуы керек, осылайша сильфонға ауа беруді тоқтатады. Іске қосу тоғын өлшеу аяқталған кезде диірменнің жұмысын негізгі жетектің басқару тақтасындағы «тоқтату» батырмасы тоқтатуы мүмкін (керек).

Тісті рейкалы жетек жартылай муфтасының тәжі ілінісуінен шығару диірмен барабанының айналуын толық тоқтатқаннан және электр тізбегін тоқтан ажыратқаннан кейін ғана жүзеге асырылуы мүмкін. Рейканы іліністен шығару үшін эксцентрілік механизмнің білігін 1800-ге бұру жеткілікті. Осыдан кейін сильфоннан шыққан ауаны 8-клапан арқылы шығаруға болады, газ тірегі (пневматикалық тосқауыл) сильфонды бастапқы күйіне қайтарады.

Нәтижелер және оларды талқылау

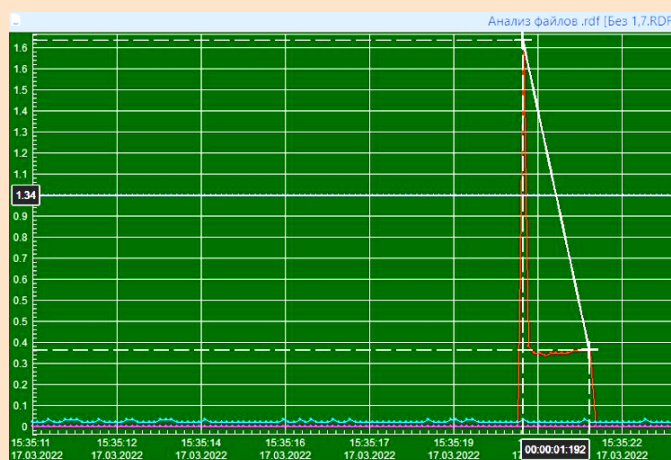
Тірек типті ПКҚҚ динамикалық сипаттамаларын анықтау бойынша бірқатар эксперименттік зерттеулер жүргізілді (түсініктемелері бар ағымдағы диаграммалар).

Стендтік сынақ бағдарламасына екі кезең енгізілді: біріншісінде – соңғы ажыратқыштың орналасу нүктесінің іске қосу тогының мөлшеріне әсері, екіншісінде – оның жүйедегі қысымға тәуелділігі зерттелді.

Бірінші кезең бойынша эксперименттерді жүзеге асыру үшін импульстік итергіштің басқару тақтасында соңғы Ажыратқышты жылжымалы инсульттің ортасынан 20 мм қадаммен жылжыту мүмкіндігі қарастырылған. Бірқатар эксперименттер 0,3 МПа қысыммен жүргізілді. Іске қосу тогының максималды төмендеуі жылжымалы инсульттің екінші жартысында – 270-тен 350 мм-ге дейін соңғы қосқышты орнату кезінде орын алғаны анықталды.

Сынақтардың екінші кезеңі қысыммен 0,1 МПа қадаммен және жылжу барысымен өзгерді.

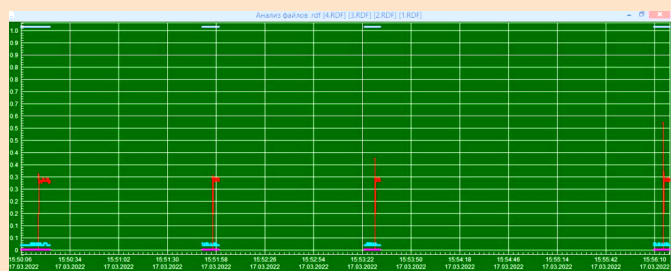
Іске қосу тогын өлшеу деректері:



Сурет 5. Іске қосу құрылғысын қоспай (макс іске қосу тогы $I_n = 9A$, номиналды ток $I_n = 3A$).

Figure 5. Without turning on the starting device (max starting current $I_n = 3A$, rated current $I_n = 9A$).

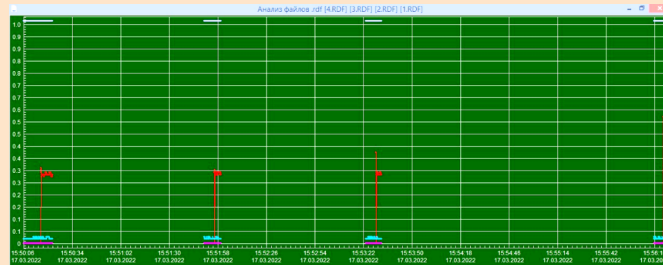
Рис. 5. Без включения пускового устройства (макс пусковой ток $I_n = 9A$, номинальный ток $I_n = 3A$).



Сурет 6. 290 мм жылжыту және 0,4-0,1 МПа қысым кезінде іске қосу токтары.

Figure 6. Starting currents at a sliding stroke of 290 mm and a pressure of 0.4-0.1 MPa.

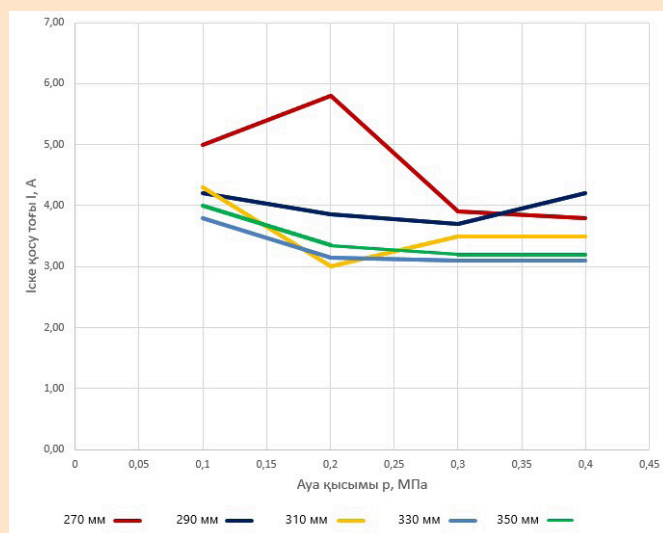
Рис. 6. Пусковые токи при ходе раздвижки 290 мм и давления 0,4-0,1 МПа.



Сурет 7. 310 мм жылжуы және қысым 0,4-0,1 МПа болғанда іске қосу токтары.

Figure 7. Starting currents during sliding 310 mm, pressure 0.4-0.1 MPa.

Рис. 7. Пусковые токи при ходе раздвижки 310 мм, давления 0,4-0,1 МПа.



Сурет 8. Пневмобаллон жетегінің пневматикалық жүйесіндегі қысымнан іске қосу токтардың өзгеруінің біріктірілген кестесі.

Figure 8. Combined schedule of changes in starting currents from pressure in the pneumatic system of the pneumatic cylinder drive.

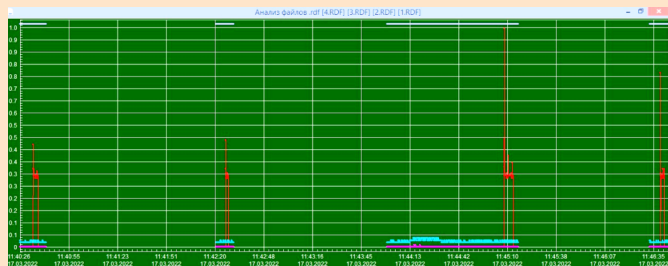
Рис. 8. Совмещенный график изменения пусковых токов от давления в пневмосистеме пневмобаллонного привода.

Сынақ нәтижелері бойынша келесі қорытынды жасауға болады: іске қосу тогының максималды төмендеуін қамтамасыз ету үшін сильфонды сырғытудың ең оңтайлы жүрісі 290-310 мм диапазонындағы максималды және орташа жылжымалы жүрістер арасындағы аралықтың ортасы деп санауға болады.

290-310 мм диапазонындағы жылжымалы траекториядағы іске қосу нүктесін нақтылау үшін 0,1 МПа-дан 0,4 МПа-ға дейінгі қысымның өзгеру қадамымен бірқатар эксперименттер жүргізілді (9-10 суреттер).

Жүйедегі жұмыс қысымы 0,35-0,40 МПа диапазонында болатындықтан, графикте 0,4 МПа-да алынған деректерді ұсынумен шектелді (11-сурет).

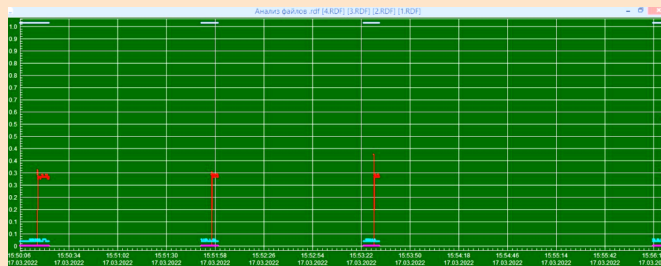
Dep/6 көрсеткіштері бойынша $F(p)$ графигін салды (сурет 12), яғни 0,20 МПа-дан 0,40 МПа-ға дейінгі қысыммен өзгереді. Бұл ретте қысым 0,35 МПа-дан жоғары көтерілген кезде итеру күші іс жүзінде өзгермейтініне назар аударды.



Сурет 9. 290 мм жылжуы және 0,1-0,4 МПа-дан қысымдағы іске қосу тогы.

Figure 9. Starting currents at a sliding stroke of 290 mm and a pressure of 0.1-0.4 MPa

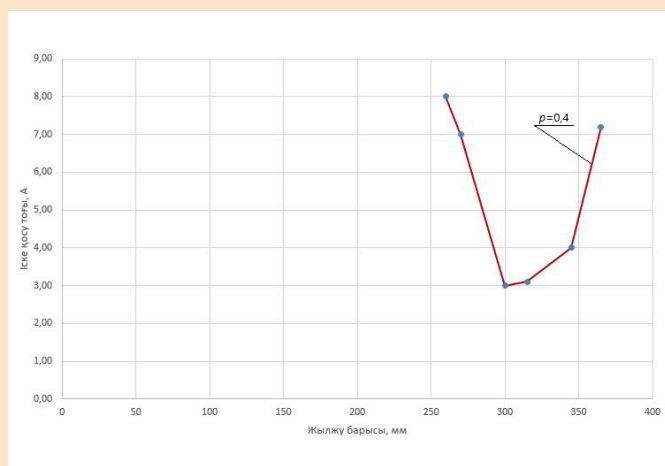
Рис. 9. Пусковые токи при ходе раздвижки 290 мм и давлении от 0,1-0,4 МПа.



Сурет 10. 310 мм жылжуы және 0,1-0,4 МПа-дан қысымдағы іске қосу тогы.

Figure 10. Starting currents during sliding are 310 mm and pressure from 0.1-0.4 MPa.

Рис. 10. Пусковые токи при ходе раздвижки 310 мм и давлении от 0,1-0,4 МПа.



Сурет 11. 0,4 МПа қысым кезінде жылжымалы жүріс мөлшерінен іске қосу токтардың өзгеруінің біріктірілген кестесі.

Figure 11. A combined graph of the change in starting currents from the magnitude of the sliding stroke at a pressure of 0.4 MPa.

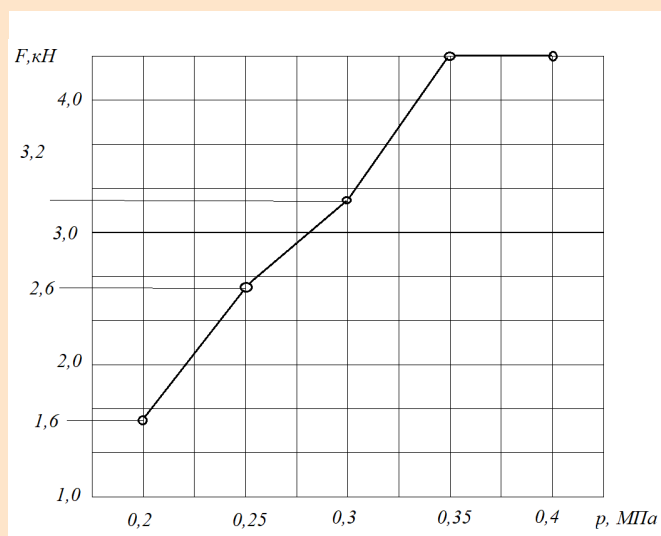
Рис. 11. Совмещенный график изменения пусковых токов от величины хода раздвижки при давлении 0,4 МПа.

Қорытынды

Сынақ нәтижелері бойынша келесі қорытындылар жа-сауға болады:

- іске қосу тогының максималды төмендеуін қамта-масыз ету үшін сифонды сырғызудың ең оңтайлы жү-рісін стендтегі сифон баллонын сынау кезінде алынған 260-280 мм интервал емес, 300-320 мм интервал деп са-науға болады, өйткені инерциялық компоненттің жұмы-сы әсер етеді;

- іске қосу жүйесінің тиімділігін арттыру үшін пневматикалық жүйеде қысымды жоғарылату керек, соғұрлым жақсы (бірақ цехтың пневматикалық желі-леріндегі қысым әдетте 0,3-0,35 МПа-дан аспайды, ал сифон цилиндрлері тах-тен 0,8 МПа-ға есептелген.);



Сурет 12. $F(p)$ тәуелділігі.

Figure 12. Dependence $F(p)$.

Рис. 12. Зависимость $F(p)$.

- сифондардың диаметрін ұлғайтуға болады, бірақ мұнда да 500 мм шегі бар;

- цилиндрлерден сығылған ауаны қолдану арқылы қы-сымды арттыру;

- моторлы жартылай муфтадағы тісті доңғалақтың диаметрін ұлғайту.

Ұсынылған іске қосу жүйесі өзінің тиімділігі мен қа-рапайымдылығын сындарлы түрде көрсетті, яғни оны практикаға енгізу тұрғысынан өте қызықты болуы мүм-кін.

АЛҒЫС

Зерттеу Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің қаржылық қолдауымен BR18574141 «Қазақстан өнеркәсібі үшін энергетика және машина жасауда энергия тиімділігін арттыру және ресурстар-ды үнемдеу бойынша кешенді көп мақсатты бағдарла-ма» аясында жүзеге асырылды.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Альтишүллер М.И. Жоғары вольтты айнымалы ток қозғалтқыштары үшін жұмсақ іске қосу жүйесін әзірлеу және енгізу тәжірибесі. // Экспозиция Мұнай Газ. 2009. Б. 32-36 (орыс тілінде)
2. Alfred R. Қалақ түріндегі жартылай айналымды жетектерді пайдаланатын тиімділігі жоғары пневматикалық жетек жүйесі. // Электроника және энергетика. 2021. Т. 34. №3. Б. 415-433 (ағылшын тілінде)
3. Крупник Л.А. Пневмобаллондар базасындағы тыныш жүретін жетек. / Л.А. Крупник, К.К. Елемесов, Б.С. Бейсенов, Е.Е. Сарыбаев. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2018. №10. Б. 40-43 (орыс тілінде)
4. Хайруллаев Д.Х., Бейсенов Б.С., Сарыбаев Е.Е. Барабан диірмендерінің қосалқы жетегі ретінде үзік (қадамдық) қозғалыс циклі бар пневмобаллон жетегінің параметрлерін әзірлеу және зерттеу. // «Сәтбаев оқулары – 2021» халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының еңбектері. – Т. 1. – Б. 1230-1233 (орыс тілінде)
5. Łukasz Magdziak, Ireneusz Malujda, Dominik Wilczyński, Dominik Wojtkowiak. Манипулятор жетегі ретінде пневматикалық жетекті позициялауды жақсарту тұжырымдамасы. // «Машиналық модельдеу 2016» XXI халықаралық словак-поляк конференциясы. Инженеринг үрдісі, 2017. – №177. – Б. 331-338 (ағылшын тілінде)
6. Фрикциялық-басып озу муфтасы бар пневматикалық қозғалтқыш: ҚР инновациялық патенті №34086; өтін. 20.06.2018; жариял. 27.12.2019. Бюлл. №52, 4 б. (орыс тілінде)
7. Ілгермелі-қайтарымды әсерлі пневматикалық жетек: ҚР инновациялық патенті РК №32347; өтін. 18.12.2015; жариял. 31.08.2017. Бюлл. №16, 4 б. (орыс тілінде)
8. Қырылдақты жетек: ҚР инновациялық патенті №31421; өтін. 13.03.2015; жариял. 15.08.2016. Бюлл. №9, 5 б. (орыс тілінде)
9. Krupnik L. Баяу жүрісті жетекті механизмдер үшін пневматикалық сальфондарды пайдалану. / Krupnik L., Yelemessov K., Beisenov B., Baskanbayeva D., Sarybaev E. // Халықаралық ғылыми және инженерлік зерттеулер журналы. 2018. Т. 9. Шығ. 11. Б. 1106-1112 (ағылшын тілінде)
10. Бейсенов Б.С. Ауыр роторлы технологиялық машиналардың іске қосу токтарына сальфонды цилиндрлер негізіндегі тірек-тісті іске қосу құрылғысының әсерін зерттеу. / Б.С. Бейсенов, Е.Е. Сарыбаев, К.К. Елемесов, Р.З. Тағауова. // Қазақстанның тау-кен журналы. 2023. №9. Б.56-60 (орыс тілінде)

REFERENCES

1. Altshuller M.I. Opyt po razrabotke i vnedreniju sistem plavnogo puska vysokovol'tnyh jelektrovdigatelej peremennogo toka. // Jekspozicija Neft' Gaz. 2009. S. 32-36 [Altshuller M.I. Experience in the development and implementation of soft start systems for high-voltage AC motors. // Exposition Oil Gas. 2009. P. 32-36] (in Russian)
2. Alfred Rufer. A high efficiency pneumatic drive system using vane-type semi-rotary actuators. // Electronics and Energetics. 2021. Vol. 34. №3. P. 415-433 (in English)
3. Krupnik L.A. Tihohodnyj privod na baze pnevmoballonov. / L.A. Krupnik, K.K. Yelemesov, B.S. Beisenov, E.E. Sarybaev. // Gornyj zhurnal Kazahstana. 2018. №10. S. 40-43 [Krupnik L.A. Low-speed drive based on pneumatic cylinders / L.A. Krupnik, K.K. Yelemesov, B.S. Beisenov, E.E. Sarybaev. // Mining Journal of Kazakhstan. 2018. №10. P. 40-43] (in Russian)
4. Hajrullaev D.H., Bejsenov B.S., Sarybaev E.E. Razrabotka i issledovanie parametrov pnevmoballonogo privoda s preryvistym (poshagovym) ciklom dvizhenija v kachestve vspomogatel'nogo privoda barabannyh mel'nic. // Trudy Mezhdun. nauchn.-prakt. konf. «Satpayevskie chtenija – 2021». Т. 1. – S. 1230-1233 [Hajrullaev D.H., Bejsenov B.S., Sarybaev E.E. Development and research of parameters of a pneumatic cylinder drive with an intermittent (step by-step) cycle of movement as an auxiliary drive of drum mills. // Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Satpayev readings – 2021». – Vol. 1. – P. 1230-1233] (in Russian)
5. Łukasz Magdziak, Ireneusz Malujda, Dominik Wilczyński, Dominik Wojtkowiak. Concept of improving positioning of pneumatic drive as drive of manipulator. // XXI International Slovak-Polish Conference «Machine Modeling and Simulations 2016». Engineering process, 2017. – №177. – P. 331-338 (in English)
6. Pnevmodvigatel' s friktsionno-obgonnoi muftoi: Innovatsionnyi patent RK №34086; zayavl. 20.06.2018; opubl. 27.12.2019. Byull. №52, 4 s. [Innovative patent of the Republic of Kazakhstan №34086; statement 20.06.2018; published 27.12.2019. Bulletin №52, 4 p.] (in Russian)
7. Pnevmaticheskii privod vozvratno-postupatel'nogo deistviya: Innovatsionnyi patent RK №32347; zayavl. 18.12.2015; opubl. 31.08.2017. Byull. №16, 4 s. [Innovative patent of the Republic of Kazakhstan №32347; statement 18.12.2015; published 31.08.2017. Bulletin №16, 4 p.] (in Russian)
8. Khrapovoi privod: Innovatsionnyi patent RK №31421; zayavl. 13.03.2015; opubl. 15.08.2016. Byull. №9, 5 s. [Ratchet drive: Innovative patent of the Republic of Kazakhstan №31421; statement 13.03.2015; published 15.08.2016. Bulletin №9, 5 p.] (in Russian)
9. Krupnik L. Use of air bellows for low-speed drive mechanisms. / Krupnik L., Yelemessov K., Beisenov B., Baskanbayeva D., Sarybaev E. // International Journal of Scientific & Engineering Research. 2018. Vol. 9(11). P. 1106-1112 (in English)

10. Beisenov B.S. Issledovanie vliyanija reechnogo puskovogo ustrojstva na baze sil'fonnyh ballonov na puskovye toki tehnologicheskikh mashin tjazhelym rotorom. / B.S. Beisenov, E.E. Sarybaev, K.K. Elemesov, R.Z. Tagauova. // *Gornyi zhurnal Kazakhstana*. 2023. №9. S.56-60 [Beisenov B.S. Study of the influence of a rack-and-pinion starting device based on bellows cylinders on the starting currents of technological machines with a heavy rotor. / B.S. Beisenov, E.E. Sarybaev, K.K. Elemesov, R.Z. Tagauova. // *Mining Journal of Kazakhstan*. 2023. №9. P.56-60] (in Russian)

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Альтшуллер М.И. Опыт по разработке и внедрению систем плавного пуска высоковольтных электродвигателей переменного тока. // *Экспозиция Нефть Газ*. 2009. С. 32-36 (на русском языке)
2. Alfred R. Высокоэффективная пневматическая приводная система, использующая полуоборотные приводы лопастного типа. // *Электроника и энергетика*. 2021. Т. 34. №3. С. 415-433 (на английском языке)
3. Крупник Л.А. Тихоходный привод на базе пневмобаллонов. / Л.А. Крупник, К.К. Елемесов, Б.С. Бейсенов, Е.Е. Сарыбаев. // *Горный журнал Казахстана*. 2018. №10. С. 40-43 (на русском языке)
4. Хайруллаев Д.Х., Бейсенов Б.С., Сарыбаев Е.Е. Разработка и исследование параметров пневмобаллонного привода с прерывистым (пошаговым) циклом движения в качестве вспомогательного привода барабанных мельниц. // *Труды междунар. научн.-практ. конф. «Сатпаевские чтения – 2021»*. – Т. 1. – С. 1230-1233 (на русском языке)
5. Łukasz Magdziak, Ireneusz Malujda, Dominik Wilczyński, Dominik Wojtkowiak. Концепция улучшения позиционирования пневмопривода в качестве привода манипулятора. // *XXI Международная словацко польская конференция «Машинное моделирование 2016»*. Процесс инжиниринга, 2017. – №177. – С. 331-338 (на английском языке)
6. Пневмодвигатель с фрикционно-обгонной муфтой: Инновационный патент РК №34086; заявл. 20.06.2018; опубл. 27.12.2019. Бюлл. №52, 4 с. (на русском языке)
7. Пневматический привод возвратно-поступательного действия: Инновационный патент РК №32347; заявл. 18.12.2015; опубл. 31.08.2017. Бюлл. №16, 4 с. (на русском языке)
8. Храповой привод: Инновационный патент РК №31421; заявл. 13.03.2015; опубл. 15.08.2016. Бюлл. №9, 5 с. (на русском языке)
9. Крупник Л. Использование пневматических сильфонов для тихоходных приводных механизмов. / Крупник Л., Yelemessov K., Beisenov B., Baskanbayeva D., Sarybaev E. // *Международный журнал научных и инженерных исследований*. 2018. Т. 9. Вып. 11. С. 1106-1112 (на английском языке)
10. Бейсенов Б.С. Исследование влияния реечного пускового устройства на базе сильфонных баллонов на пусковые токи технологических машин с тяжелым ротором. / Б.С. Бейсенов, Е.Е. Сарыбаев, К.К. Елемесов, Р.З. Тагауова. // *Горный журнал Казахстана*. 2023. №9. С.56-60 (на русском языке)

Авторлар туралы мәліметтер:

Бейсенов Б.С., т.ғ.к., «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), b.beisenov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-6501-6746>

Елемесов К.К., т.ғ.к., профессор, Энергетика және машинажасау институтының директоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), k.yelemessov@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0001-6168-2787>

Бортебаев С.А., т.ғ.к., «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының қауымдастырылған профессоры, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), s.bortebayev@satbayev.university; <https://orcid.org/0000-0002-8761-3429>

Сарыбаев Е.Е., «Машиналар мен жабдықтардың цифрлық инженериясы» ОБ постдокторанты, «Технологиялық машиналар және жабдықтар» кафедрасының аға оқытушысы, Satbayev University (Алматы қ., Қазақстан), sarybaev.erjan@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-6665-4558>

Information about the authors:

Beisenov B.S., Ph.D., Associate Professor of the Department of Technological Machines and equipment, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Yelemessov K.K., Ph.D., Professor, Director of the Institute of Energy and Mechanical Engineering, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Bortebayev S.A., Ph.D, Associate Professor of the Department of Technological Machines and equipment, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Sarybayev Ye.Ye., postdoctoral student of the EP «Digital Engineering of Machines and Equipment», Senior Lecturer of the Department of «Technological Machines and equipment», Satbayev University (Almaty, Kazakhstan)

Сведения об авторах:

Бейсенов Б.С., к.т.н., Ассоциированный профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Елемесов К.К., к.т.н., профессор, Директор Института Энергетики и машиностроения, Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Бортебаев С.А., к.т.н., Ассоциированный профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)

Сарыбаев Е.Е., постдокторант ОП «Цифровая инженерия машин и оборудования», старший преподаватель кафедры «Технологические машины и оборудование», Satbayev University (г. Алматы, Казахстан)