



ХҒТАР 73.41.39

Шолу мақаласы

<https://doi.org/10.32523/2616-7263-2025-150-1-265-277>

Гидравликалық цилиндрлердің негізгі ақауларын талдау

Д.К. Кушалиев^{ID}, С.О. Төребекова*^{ID}, Е.Т. Қалшора^{ID}, Р.Б. Қорабай^{ID}

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

(*E-mail: torebekova-s@mail.ru)

Аңдатпа. Гидравликалық цилиндрлер өнеркәсіптің әртүрлі салаларында және құрылыста кеңінен қолданылатын гидравликалық жүйелердің ажырамас бөлігі болып табылады. Алайда, олар уақыт өте келе тозуға және ағып кетуге бейім, бұл олардың өнімділігінің төмендеуіне және жабдықтың тоқтап қалуына әкелуі мүмкін.

Мақалада негізгі назар екі негізгі топқа бөлінген гидравликалық цилиндрлердің ақауларын жіктеуге аударылады: тозу және механикалық әсерге байланысты ақаулар. Бірінші топ цилиндрдің әртүрлі аймақтарынан гидравликалық сұйықтықтың ағып кетуін қамтиды, ал екіншісі өзектің, корпустың, құлақтардың, поршеньдердің және бекіткіштердің механикалық зақымдануын қамтиды.

Мақалада көрсетілген статистикалық деректер гидравликалық цилиндрлердің істен шығуының нәтижесінде кәсіпорынның қаншалықты пайда жоғалтатынын көрсетеді және бұл мәліметтер өз кезегінде гидравликалық цилиндрдің жұмысқа қабілетті жағдайда болуы кәсіпорын үшін қаншалықты маңызды фактор екенін айқындай түседі.

Тығыздағыштарды ауыстыруды, өзек пен корпусты қалпына келтіруді, сондай-ақ істен шығудың алдын алу шараларын қоса алғанда, жөндеудің тиімді әдістері анықталды. Уақытылы техникалық қызмет көрсету және заманауи жөндеу технологияларын қолдану жабдықтың сенімділігін арттыруға, тоқтап қалу санын азайтуға және өндірістік процестердің тиімділігін арттыруға мүмкіндік беретіні анықталды.

Түйін сөздер: Гидравликалық цилиндр, ақаулар, сұйықтықтың ағуы, тозу, жөндеу, тығыздағыш элементтер, техникалық қызмет көрсету, тоқтап қалу, өндіріс тиімділігі.

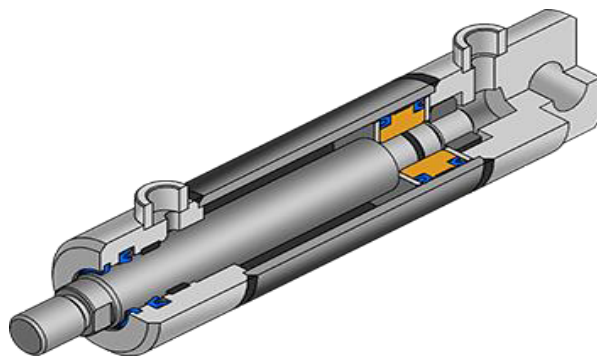
Түсті 18.02.2025. Жөнделді 18.02.2025. Мақұлданды 27.03.2025. Онлайн қолжетімді 31.03.2025

*Хат-хабар үшін автор

Кіріспе

Гидравликалық цилиндрлер – бұл әртүрлі өндірістік және құрылыс салаларында қолданылатын гидравликалық жүйелердің маңызды компоненттері. Алайда, уақыт өте келе мұндай гидравликалық цилиндрлер тозуы және ағып кетуі мүмкін, бұл өз кезегінде олардың өнімділігінің төмендеуіне және жабдықтың күтпеген мезетте тоқтап қалуына әкелуі мүмкін [1]. Сондықтан бұл мәселелердің себептерін түсіну және олардың алдын алу жолдарын білу маңызды.

Гидравликалық цилиндр – бұл көлемді гидравликалық қозғалтқыш, оның жетекші буыны корпусқа қатысты қайтымды – айналмалы қозғалыс жасайды. Гидроагрегаттың конструкциясы қарапайым және жинақы, бұл оны әртүрлі жабдықтар мен техникаларға орнатуға мүмкіндік береді.



1-сурет. Гидравликалық цилиндр

Құрылыс және тау-кен кәсіпорындарының өндірістік қуаттылығының өсуі заманауи гидравликалық жүйемен жабдықталған арнайы техникаларды қолдануды талап етеді. Бұл жүйелердің істен шығуы арнайы техникалардың тоқтап қалуына, жұмыс қабілеттігін жоғалтуына әкеліп соғады.

Жоғарыда көрсетілген мәселелерге байланысты, арнайы техникалардың гидравликалық жүйелерін зерттеу мәселесі өзекті болып табылады. Бұл жұмыс гидравликалық жетектің және поршеньдік жүйенің ақаулығына байланысты істен шығу себептерін қарастырады.

Зерттеудің мақсаты гидравликалық жүйенің істен шығуын анықтау және оларды жою әдістері болып табылады.

Әдіснама

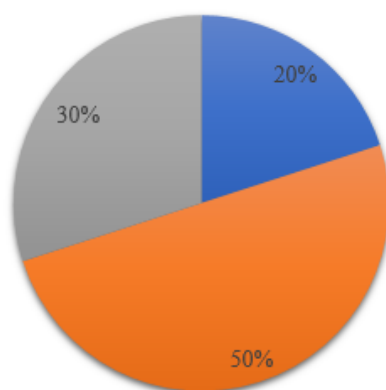
Қойылған міндеттерге байланысты гидравликалық тораптың негізгі ақауларын анықтау қажет болды.

Бір өзекті гидравликалық цилиндрдегі негізгі ақаулар:

- цилиндр басының қақпағының астынан гидравликалық сұйықтықтың ағуы;
- өзек қуысынан гидравликалық сұйықтықтың ағуы;

- поршень қуысынан гидравликалық сұйықтықтың ағуы;
- өзектің зақымдануы;
- цилиндр корпусының (гильзаның) зақымдануы;
- цилиндрдің алдыңғы немесе артқы құлағының зақымдануы;
- цилиндр поршенінің зақымдануы;
- цилиндр қақпағының зақымдануы;
- цилиндрдің түбінің (артқы қақпағының) зақымдануы.

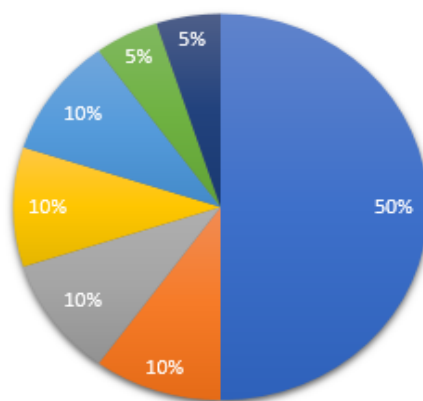
Тозу салдарынан орын алатын ақаулардың пайызы, %



- Цилиндр басының қақпағының астынан гидравликалық сұйықтықтың ағуы
- Өзек қуысынан гидравликалық сұйықтықтың ағуы
- Поршень қуысынан гидравликалық сұйықтықтың ағуы

1-диаграмма. Тозу салдарынан орын алатын ақаулар

Механикалық әсерлерге байланысты орын алатын зақымданулардың мөлшері



- Өзек
- Цилиндр құлағы
- Цилиндр қақпағы
- Цилиндрдің сыртқы бекіткіштері
- Цилиндр гильзасы
- Цилиндр поршені
- Цилиндр түбі

2-диаграмма. Механикалық әсерлердің салдарынан болатын зақымданулар

Алғашқы үш істен шығу ең көп таралған және гидравликалық цилиндрдегі тығыздағыш элементтердің тозуына немесе зақымдалуына байланысты. Қақпақ пен өзек қуысының астынан сұйықтықтың ағуы 2-суретте көрсетілгендей цилиндрдегі гидравликалық сұйықтықтың дақтарымен бірден анықталады.



2-сурет. Цилиндр басының қақпағының астынан гидравликалық сұйықтықтың ағуы

Әдебиеттерге шолу және “Силмастер” ЖШС кәсіпорнындағы әртүрлі машиналардың гидравликалық цилиндрінің жұмысымен танысу, сұйықтықтың қақпақтың астынан ағып кетуін жөндеу тұрғысынан ең қарапайым екенін анықтауға мүмкіндік берді. Ақаулықтарды жою процесі келесідей:

- цилиндрдің қақпағы (басы) бұралып, тығыздағыш элемент ауыстырылады – әдетте дөңгелек қималы резеңке сақина PTFE материалының тірегімен бірге (фторопласт) [7].
- немесе резеңке сақинаның орнына күрделі қима профилі бар полиуретанды сақина (PU, HPU, C-HPU) орнатылады [7].

Қақпақтың астынан сұйықтықтың ағып кетуінің себебі, резеңке немесе полиуретанды сақинаның тозуымен, сақина материалының сапасыздығымен, серпімділік қасиеттерін тез жоғалтуымен байланысты екендігі анықталды.

Сұйықтықтың ағып кетуіне ықпал етеді, сонымен қатар сақинаның ішкі және көлденең қимасының диаметрі бойынша тығыздағыш сақинаны дұрыс таңдамау. Кіші және үлкен өлшемдер тығыздау қызметін орындамайды. Гидравликалық цилиндрді жинау кезінде сақинаның зақымдану қаупі де бар.

Сондай-ақ, өзек қуысынан сұйықтықтың ағып кетуін жою үшін:

- гидравликалық цилиндрді толығымен бөлшектеуді қажет етеді (цилиндр қақпағын, цилиндр өзегін поршень мен баспен бірге ойып алу, поршень бұрандасын бұрау);
- немесе поршеньнің өзі, содан құлағы, цилиндр басындағы тығыздағыш элементтерді ауыстыру, цилиндр поршеніндегі тығыздағыштар, бұл кейіннен поршеньдік тығыздағыштарды ауыстыру үшін цилиндрді бөлшектемеуге мүмкіндік береді.

Әсіресе цилиндрдегі тазалағышты ауыстыру қажеттілігіне назар аударамыз. Көбінесе цилиндр иелері оны ауыстыруға қаражат үнемдейді, нәтижесінде бастың ішінде тот пайда болады, цилиндрге кір түседі, бұл бастың тығыздағыштарының, цилиндр өзегінің зақымдалуына ықпал етеді.

Мұндай жағдайларда тығыздағыштарды дереу ауыстыру қажет, өйткені цилиндр өзегінің тұмандануы байқалады – бұл өзек қуысының тығыздағыштарының зақымдануының алғашқы белгісі, бұл белгілер цилиндр жұмысының нашарлауына әкеледі. Гидравликалық сұйықтықтың ағып кетуінің жоғарылауынан басқа, балшық пен абразивті бөлшектердің цилиндрдің өзек қуысына енуінен, цилиндр өзегінің зақымдану қаупі бар.

Поршень қуысында сұйықтықтың ағып кету процесін көрсететін бірқатар белгілер бар – бұл өзектің құлауы деп аталады – жүктеме кезінде немесе жүктемесіз өзектің бақыланбайтын қозғалысы, гидравликалық цилиндрдегі шудың жоғарылауы, цилиндр корпусының қызуы.

Поршеньдегі тығыздағыштарды өзгерту өте оңай, поршеньді бұрап, поршень ішіндегі тығыздағыш сақинаны ауыстырған жөн, бұл поршеннің ішкі беті арқылы сұйықтықтың ағып кетуіне жол бермейді.

Сондай-ақ, гидравликалық цилиндрді жөндеу цилиндр өзегінің зақымдалуына байланысты жүзеге асырылатыны анықталды.

Өзек айтарлықтай радиалды жүктемелермен, хром бетінің ұсақтарымен, тау жыныстарының құлауымен, өзек қуысы тастардың, абразивті элементтердің түсуімен бүгілуі мүмкін, бұл бүкіл цилиндр бойына сызаттардың түсуіне әкеледі, көбінесе ток беру желілері соғылған кезде өзек зақымдалады (3-сурет). Егер өзек бүгілсе, онда поршень мен корпустың зақымдану ықтималдығы жоғары (4,5-сурет).

Ұзартылған гидравликалық цилиндрлерде ең жоғары жүктемелер пайда болған кезде ауыр жүктеме поршеньге әсер етеді және нәтижесінде гидравликалық цилиндр өзегі мен поршень бұрандасының зақымдалуына алып келеді.



3-сурет. Өзектің зақымдануы

Өзектің ұсақ зақымдануы жылтыратылады, осылайша тығыздағыш элементтерді зақымдауы мүмкін сызаттардың өткір жиектері тегістеледі. Беттің ұсақтары, шұңқырлары экономикалық орындылықты ескере отырып, әр түрлі балқыту, бүрку технологияларын қолдану арқылы жойылады. Өзектердің кіші диаметрлері 80 мм-ден аз және қысқа ұзындықта болса, өзек толығымен жаңасына өзгереді. Осы мақсатта картон немесе пластикалық түтіктерде жеткізілетін дайын хром өзектері қолданылады. Құлақ әдетте өзекке дәнекерленеді [5].



4-сурет. Гильзаның зақымдануы



5-сурет. Поршеньнің зақымдануы

– Цилиндрдің гильзасы (корпусы) поршеньдік тығыздағыштар бұзылған кезде зақымдалады, бұл металл мен металлдың өзара әрекеттесуіне, сәйкесінше поршень мен

цилиндр корпусының өзара зақымдалуына алып келеді, сол мезетте поршень жұмыс істеп тұрған цилиндрдегі өзектен еріксіз босатылады. Поршеньнің дұрыс орнатылмаған әр түрлі бөліктерінде гильзаны зақымдайды (мысалы бұранданың механикалық бекіткішінің (гужон), сұйықтық ағынының ауысу клапандарының дұрыс бекітілмеуі және т.б.) Ойықтар, соққылар түріндегі сыртқы әсерлер де цилиндр корпусының зақымдалуына алып келеді [6].

Гильза поршень қуысында артық қысым түріндегі жүктемелердің әсерінен бұзылуға бейім. Цилиндрдің гильзасы ішкі беті өңделген сапалы дайын болат құбырлардың көмегімен өзгереді.



6-сурет. Цилиндр қақпағының зақымдануы

Нәтижелер мен талқылау

Тозу туралы статистикалық деректерді шолу, гидравликалық цилиндр мен поршеньдік жүйені пайдалану кезінде орын алатын ақауларды жүйелеуге мүмкіндік берді, кесте 1.

1-кесте

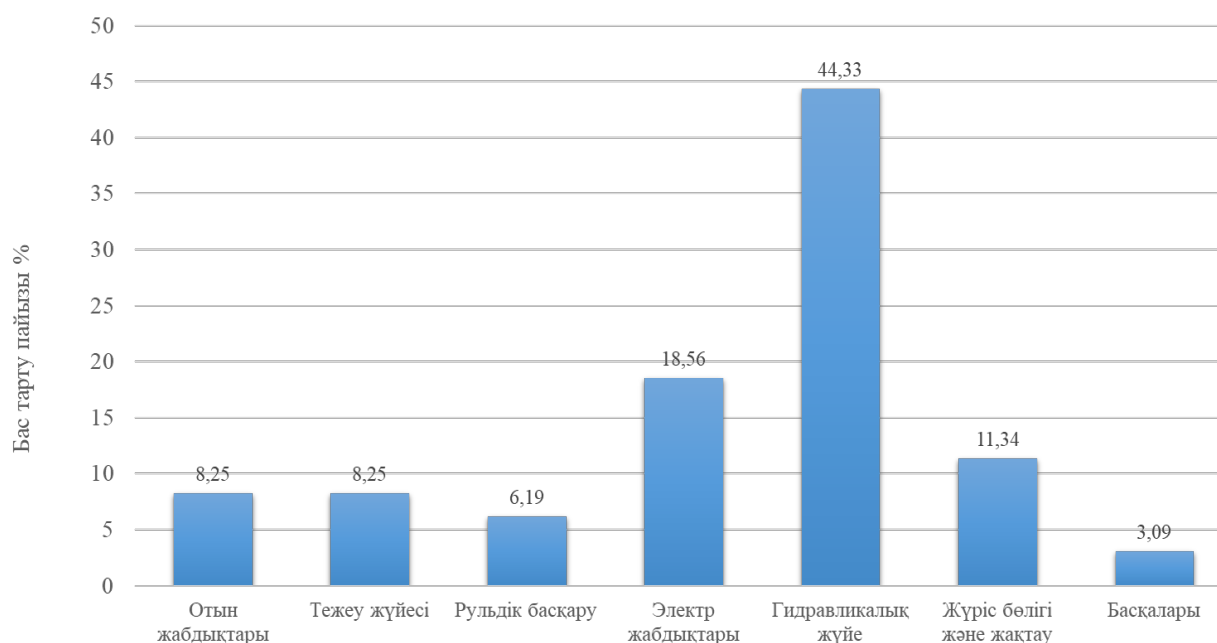
№	Ақаулықтың аталуы	Ағып кету себебі	Ағып кетуді жою	Ұсынылатын жөндеу
1	Цилиндр қақпағының астынан сұйықтықтың ауытқуы	Резеңке немесе полиуретанды тығыздағыш сақинаның тозуы, сақина материалының сапасыздығы	Тығыздағыш сақинаны резеңке / полиуретанды сақинаға ауыстыру, өлшемдердің сәйкестігін тексеру	Сапалы материалдарды пайдалану, сақинаның зақымдануын болдырмау үшін мұқият құрастыру
2	Өзек қуысынан гидравликалық сұйықтықтың ағуы	Бастың тығыздағыш элементтерінің тозуы, тозаңқаптың болмауы немесе зақымдануы	Цилиндрді бөлшектеу, бастағы тығыздағыш элементтерді ауыстыру	Тозаңқапты міндетті түрде ауыстыру, өзектің жай-күйін бақылау

3	Поршень қуысынан гидравликалық сұйықтықтың ағуы	Поршеньді тығыздау элементтерінің тозуы, өзектің бақыланбайтын қозғалысы	Поршеньді тығыздау элементтерін ауыстыру	Поршеньді бұрап алу, поршень ішіндегі сақинаны ауыстыру
4	Өзектің зақымдануы	Радиалды жүктемелер, абразивті бөлшектердің түсуі, механикалық соққылар, коррозия	Ұсақ зақымдарды жылтырату, бүрку немесе балқыту арқылы қалпына келтіру, елеулі ақаулар орын алған жағдайда ауыстыру	Хромдалған өзектерді пайдалану, токарлық өңдеу
5	Цилиндр гильзасының (корпусының) зақымдануы	Поршеньді тығыздағыштардың бұзылуы, механикалық әсер, артық қысым	Цилиндр корпусын ауыстыру	Хонингтелген немесе илектелген құбырларды пайдалану, Дәнекерлеу сапасын бақылау
6	Цилиндрдің алдыңғы немесе артқы құлағының зақымдануы	Механикалық жүктемелер, металдың шаршауы, сапасыз дәнекерлеу	Құлақты ауыстыру немесе қалпына келтіру	Құрылымды нығайту, дәнекерлеуді бақылау
7	Цилиндр поршенінің зақымдануы	Дұрыс емес құрастыру, поршеньді бұрап алу, механикалық жүктемелер	Поршеньді ауыстыру, зақымдануды жою	Поршеньді бекітуді бақылау, механикалық бұранда бекіткіштерін қолдану
8	Цилиндр қақпағының зақымдануы	Бұранданың тозуы, механикалық соққылар, коррозия	Қақпақты ауыстыру, бұранданы қалпына келтіру	Жоғары сапалы тығыздағыш элементтерді қолдану, коррозиядан қорғау
9	Цилиндрдің түбіне зақым келтіру	Артық қысым, механикалық соққылар	Түбін ауыстыру, дәнекерленген жіктерді қалпына келтіру	Гидрожүйедегі қысымды бақылау, тығыздағыштардың күйін тексеру

Анықталған ақаулар, әдетте, арнайы машиналардың істен шығуына алып келеді.

Осыған байланысты зерттеулер “СИЛМАСТЕР” ЖШС базасында жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде арнайы машиналардың істен шығуының ең көп бөлігі гидравликалық жетекке тиесілі екені анықталды(сурет 7).

Жүйелер бойынша бас тарту пайызы



7-сурет. Бас тартуларды бөлу диаграммасы

Құрылыс және тау – кен жұмыстарын жүргізу кезінде арнайы машиналар күрделі жағдайларда жұмыс істейді, бұл сөзсіз ақаулардың көбеюіне әкеледі.

Тиісінше, жөндеуге байланысты жабдықтың тоқтап қалуы кәсіпорынның айтарлықтай шығынға ұшырауына алып келеді.

“Тау-кен технологиялары” ЖШС кәсіпорнының деректері негізінде статистиканы талдау, гидравликалық цилиндрлердің істен шығуы кәсіпорынның экономикалық жағдайына қаншалықты әсер ететінін көрсетті. Бас тарту саны – 10. Бас тарту саны тым көп болмаса да, олардың салдары өте ауыр. Жалпы тоқтау қалу уақыты 835 сағатты құрайды. Бұл 34 тәуліктен астам бос уақыт, бұл өндіріс процесіне айтарлықтай әсер етеді. Қаржылық шығындар: гидравликалық цилиндрлерді жөндеу – 8 850 300 тг, гидравликалық цилиндрлерді тасымалдау – 84 000 тг, жоғалған пайда – 283 142 366 тг, өндірістің жоғалған көлемі – 361 167,5 м3. Осылайша, басты мәселе – бас тартудың өзі емес, олардың салдары: ұзақ уақыт тоқтап қалу, пайда жоғалту және өндіріс көлемінің төмендеуі.

Қорытынды

Гидравликалық цилиндрлер мен поршеньдік жүйелердің ақауларын уақытылы анықтау және оларды дұрыс жою жұмыс кезінде ақаулардың азаюына алып келетіні анықталды.

Автокөліктердің істен шығуын зерттеу нәтижесінде қондырмалардың гидравликалық жетегіне ең көп түсетіні анықталды (44,3%).

Заманауи әдістер мен жабдықтардың көмегімен ақауларды жою өндіріс тиімділігі мен пайдасының артуына алып келеді.

Авторлардың қосқан үлесі

Д.К.Кушалиев, С.О. Төребекова – тұжырымдама, әдістеме, мәліметтер жинау.
Е.Т. Калшора, Р.Б. Корабай – талдау, ресурстар, интерпретация.

Әдебиеттер тізімі

1. 2024. Анализ причин износа и утечек в гидроцилиндрах – как предотвратить подобные проблемы/ <https://psm-st.com/blog/analiz-prichin-iznosa-i-utechek-v-gidrocilindrah-kak-predotvratiti-podobnyye-problemy/>
2. Ярошук И.В. Гидроцилиндры. Типы и схемы. Устройство и принцип работы/https://rggidro.ru/reviews/stati_i_obzory/gidrotsilindry_tipy_i_skhemy_ustroystvo_i_printsip_raboty/
3. Gianni Nicoletto, Tito Marin Failure of a heavy-duty hydraulic cylinder and its fatigue re-design Engineering Failure Analysis Volume 18, Issue 3, April 2011, Pages 1030-1036
4. Vignesh Shanbhag, Thomas J. J. Meyer, Leo W. Caspers, Rune Schlanbusch Failure Monitoring and Predictive Maintenance of Hydraulic Cylinder - State-of-the-Art Review January 2021IEEE/ASME Transactions on Mechatronics PP(99):1-1 DOI:10.1109/TMECH.2021.3053173
5. Shunwei Ding, Guang Li, Yu Shi, Jinyuan Ma, Mingqian Gao Failure analysis of a loader hydraulic cylinder and its end cap structure improvement Engineering Failure Analysis Volume 153, November 2023, 107597
6. Никитин О.Ф. Рабочие жидкости и уплотнительные устройства гидроприводов: учеб, пособие. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013. - 284 с
7. Гидравлика : учебник и практикум для СПО / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, А. Г. Коваленко, И.В. Кудинов.; под ред. В. А. Кудинова. - 4-е изд., пер. и доп. - М.: Юрайт, 2018. —386 с.
8. Шаихов Р.Ф. Определение остаточного ресурса деталей навесного оборудования специальных автомобилей/ Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. Изд-во ПНИПУ, 2019. №3. - с. 83-88
9. Шаихов Р.Ф. Особенности эксплуатации автомобилей с турбокомпрессорами в условиях карьеров/ Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. Изд-во ПНИПУ, 2019. №2. - с. 73-79
10. Мальцев Д.В. Анализ причин малой наработки на отказ турбокомпрессоров при эксплуатации в условиях карьеров//Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика/Воронеж.гос. лесотехн. ун-т им. Г.Ф. Морозова. -2016. -Т. 4, № 5-4 (25-4). -С. 267-271

Д.К.Кушалиев, С.О. Төребекова, Е.Т. Калшора, Р.Б.Корабай

Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Анализ основных неисправностей гидравлических цилиндров

Аннотация. Гидравлические цилиндры являются неотъемлемой частью гидравлических систем, широко используемых в различных отраслях промышленности и строительстве.

Однако со временем они подвержены износу и утечкам, что может привести к снижению их производительности и простоям оборудования.

В статье основное внимание уделяется классификации неисправностей гидравлических цилиндров, разделенных на две основные группы: дефекты вызванные износом и возникающие под механическим воздействием. Первая группа включает утечки гидравлической жидкости из различных зон цилиндра, а вторая – механические повреждения штока, корпуса, проушин, поршней и крепежных элементов.

Приведенные в статье статистические данные демонстрируют, какие финансовые потери несут предприятия в результате выхода из строя гидравлических цилиндров, и, таким образом, подчеркивают важность поддержания их работоспособности для эффективности производства.

Выделены эффективные методы ремонта, включая замену уплотнителей, восстановление штока и корпуса, а также меры по предотвращению неисправностей. Установлено, что своевременное техническое обслуживание и применение современных технологий ремонта позволяют повысить надежность оборудования, сократить число простоев и повысить эффективность производственных процессов.

Ключевые слова: гидравлический цилиндр, неисправности, утечка жидкости, износ, ремонт, уплотнительные элементы, техническое обслуживание, простой, эффективность производства.

D.K.Kushaliyev, S.O.Torebekova, E.T. Kalshora, R.B.Korabay
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Analysis of the main malfunctions of hydraulic cylinders

Abstract. Hydraulic cylinders are an integral part of hydraulic systems widely used in various industries and construction. However, they are prone to wear and leaks over time, which can lead to reduced productivity and equipment downtime.

The article focuses on the classification of hydraulic cylinder malfunctions, divided into two main groups: wear-related defects and mechanical defects. The first group includes leaks of hydraulic fluid from various areas of the cylinder, and the second group includes mechanical damage to the stem, housing, eyelets, pistons, and fasteners.

The statistical data presented in the article demonstrate the financial losses incurred by enterprises as a result of the failure of hydraulic cylinders, and thus emphasize the importance of maintaining their operability for production efficiency.

Effective repair methods are highlighted, including replacement of seals, restoration of the stem and housing, as well as measures to prevent malfunctions. It has been established that timely maintenance and the use of modern repair technologies can improve the reliability of equipment, reduce downtime and increase the efficiency of production processes.

Keywords: hydraulic cylinder, malfunctions, fluid leakage, wear, repair, sealing elements, maintenance, downtime, production efficiency.

References

1. 2024. Analysis of the causes of wear and leaks in hydraulic cylinders – how to prevent such problems / <https://psm-st.com/blog/analiz-prichin-iznosa-i-utechek-v-gidrocilindrah-kak-predotvratit-podobnye-problemy/>
2. Yaroshuk I.V. Hydraulic cylinders. Types and schemes. Device and operating principle/https://rggidro.ru/reviews/stati_i_obzory/gidrotsilindry_tipy_i_skhemy_ustroystvo_i_printsip_raboty/
3. Gianni Nicoletto, Tito Marin Failure of a heavy-duty hydraulic cylinder and its fatigue re-design Engineering Failure Analysis Volume 18, Issue 3, April 2011, Pages 1030-1036
4. Vignesh Shanbhag, Thomas J.J. Meyer, Leo W. Caspers, Rune Schlanbusch Failure Monitoring and Predictive Maintenance of Hydraulic Cylinder - State-of-the-Art Review January 2021IEEE/ASME Transactions on Mechatronics PP(99):1-1 DOI:10.1109/TMECH.2021.3053173
5. Shunwei Ding, Guang Li, Yu Shi, Jinyuan Ma, Mingqian Gao Failure analysis of a loader hydraulic cylinder and its end cap structure improvement Engineering Failure Analysis Volume 153, November 2023, 107597
6. Nikitin O.F. Working fluids and sealing devices of hydraulic drives: textbook. Moscow: Publishing House of Bauman Moscow State Technical University, 2013. 284 p.
7. Hydraulics : textbook and practical course for SVE/ V. A. Kudinov, E. M. Kartashov, A. G. Kovalenko, I. V. Kudinov; edited by V. A. Kudinov. - 4th ed., translated and supplemented - Moscow: Yurait, 2018. -386 p.
8. Shaikhov R.F. Determination of the residual life of special vehicle attachments/ Transport. Transport facilities. Ecology. PNRPU Publishing House, 2019, No. 3, pp. 83-88
9. Shaikhov R.F. Features of operation of cars with turbochargers in quarry conditions/ Transport. Transport facilities. Ecology. PNRPU Publishing House, 2019, No. 2, pp. 73-79
10. Maltsev D.V. Analysis of the causes of low operating time for turbocharger failure during operation in quarries//Current directions of scientific research of the XXI century: theory and practice/Voronezh. State Forestry Engineering G.F. Morozov University. -2016. -Vol. 4, No. 5-4 (25-4). -pp. 267-271

Авторлар туралы мәлімет:

Кушалиев Д.К. – т.ғ.к., доцент м.а., «Көлік инженериясы» кафедрасының доцент м.а., «Көлік – энергетика» факультеті, Л.Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Төребекова С.О. – хат-хабар авторы, «Көлік инженериясы» кафедрасының докторанты, «Көлік-энергетика» факультеті, Л.Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Қалшора Е.Т. – «Көлік инженериясы» кафедрасының докторанты, «Көлік-энергетика» факультеті, Л.Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Қорабай Р.Б. – «Көлік инженериясы» кафедрасының докторанты, «Көлік-энергетика» факультеті, Л.Н. Гумилева атындағы Еуразия ұлттық университеті, Астана, Қазақстан

Сведения об авторах:

Кушалиев Д.К. – к.т.н., и.о. доцента, и.о. доцента кафедры «Транспортная инженерия», «Транспортно-энергетический» факультет, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Торбекова С.О. – Докторант кафедры «Транспортная инженерия», «Транспортно-энергетический» факультет, Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Қалшора Е.Т. – Докторант кафедры «Транспортная инженерия», «Транспортно-энергетический» факультет, Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Қорабай Р.Б. – Докторант кафедры «Транспортная инженерия», «Транспортно-энергетический» факультет, Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Information about authors:

Kushaliyev D.K. – Candidate of technical sciences, acting as assistant professor, Acting Associate Professor of the Department of «Transport Engineering», «Transport and Energy» faculty, L.N. Gumileva National University, Astana, Kazakhstan

Torebekova S.O. – PhD Student of the Department of Transport Engineering, Faculty of «Transport - Energy», L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Kalshora E.T. – PhD Student of the Department of Transport Engineering, Faculty of «Transport - Energy», L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

Korabay R.B. – PhD Student of the Department of Transport Engineering, Faculty of «Transport - Energy», L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY NC) license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).