

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Энергетика және Машина жасау институты

Технологиялық машиналар және жабдықтар кафедрасы

Сейтказин Нұрсултан Мерхатұлы

Тақырыбы: "Богатырь" қимасы жағдайында ЭКГ-15М карьерлік
экскаваторының ТҚК және О механикалық жетектерін жүргізу технологиясын
жетілдіру;

ДИПЛОМДЫҚ ЖОБА

6B07115 – «Технологиялық машиналар мен жабдықтар»

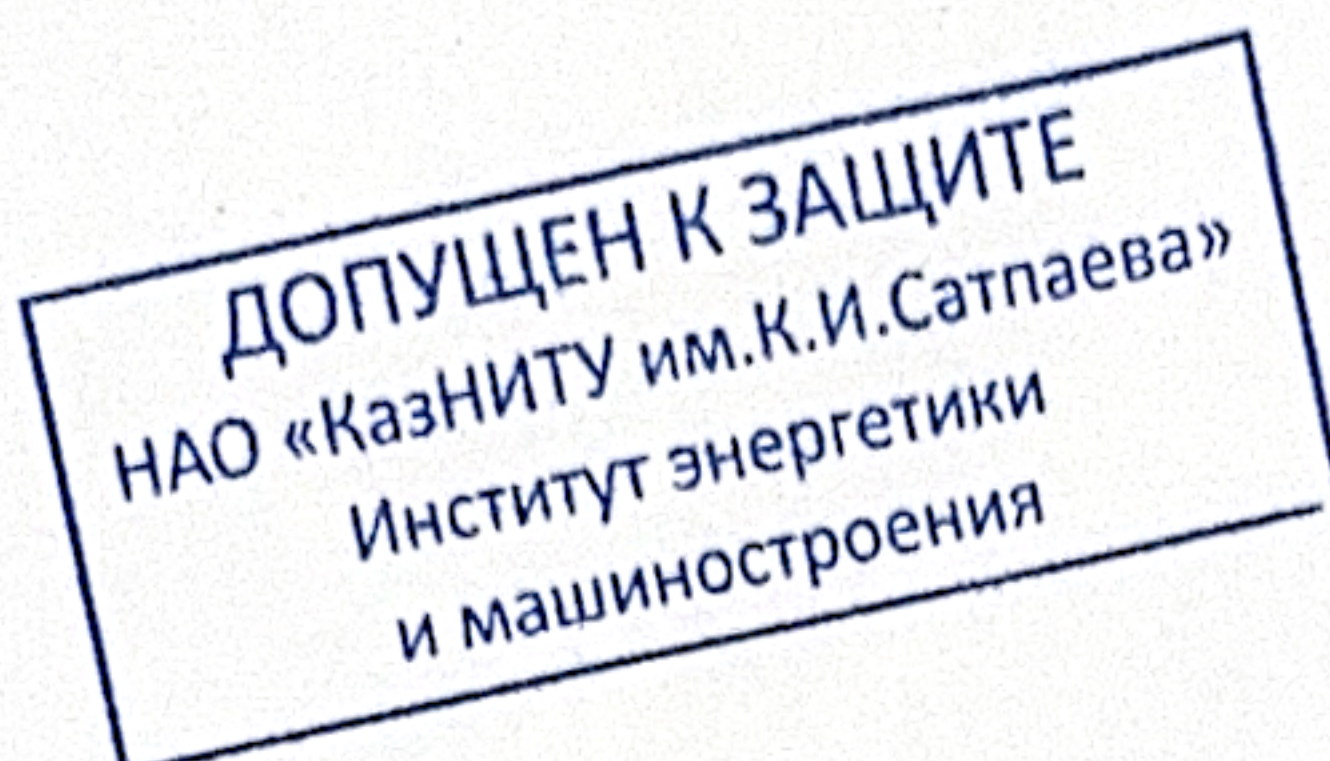
Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

Ә.Бүркітбаев атындағы Энергетика және Машина жасау институты

Технологиялық машиналар және жабдықтар кафедрасы



ҚОРҒАУҒА ЖІБЕРІЛДІ

Кафедра меңгерушісі

техн.ғыл.канд.,

Б.З. Калиев

«12» 06 2025ж.

Дипломдық жоба

Тақырыбы: «"Богатырь" қимасы жағдайында ЭКГ-15М карьерлік экскаваторының ТҚК және О механикалық жетектерін жүргізу технологиясын жетілдіру;»

»

6B07115 – «Технологиялық машиналар мен жабдықтар»

Орындаған:

Сейтказин

Н.М.

Пікір беруші
Кандидат технических наук, доцент

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Шакенов А.Т

Қолы

Аты жөні



Ғылыми жетекші

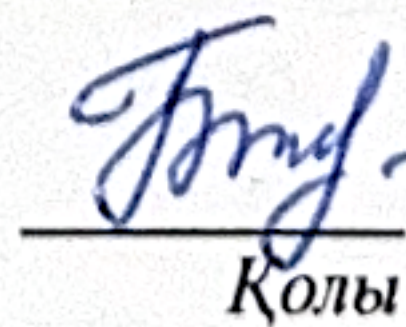
Phd, қауым. профессор

(ғылыми дәрежесі, атауы)

Басқанбаева Д.Ж

Қолы

Аты жөні



Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті

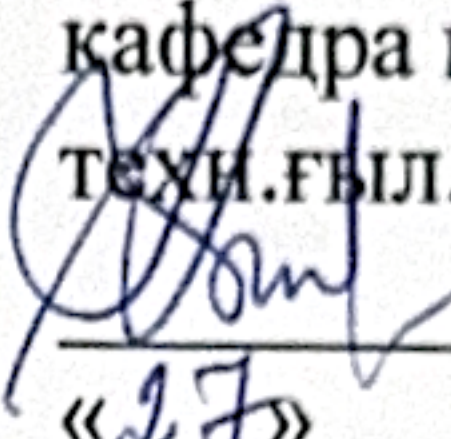
Ә.Бүркітбаев атындағы Энергетика және Машина жасау институты

Технологиялық машиналар және жабдықтар кафедрасы

БЕКІТЕМІН

кафедра меңгерушісі

техн. ғыл. канд.,

 Б.З. Калиев

«27» 01 2025 ж.

**Дипломдық жоба орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: *Сейтказин Нұрсұлтан Мерхатұлы*

Тақырыбы: «"Богатырь" қимасы жағдайында ЭКГ-15М карьерлік экскаваторының ТҚК және О механакилық жетектерін жүргізу технологиясын жетілдіру; »

Университет Ректорының 2025 жылғы "29" қаңтар № 26-П/Ө бұйрығымен бекітілген

Аяқталған жұмысты тапсыру мерзімі 2025 жылғы "13" мамыр

Дипломдық жұмыстың бастапқы берілістері: "Богатырь" кеніші жағдайында жұмыс істейтін ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс құрылғылары мен жүк көтеру жетектерін кешенді зерттей отырып, олардың жетілдіру жолдарын ғылыми негіздеу;

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі

а) Техникалық бөлім: «Богатырь» кен орны мен экг-15м экскаваторының сипаттамасы.

б) Арнайы бөлім: ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс құрылғылары

в) Есептеу бөлімі: ЭКГ-15М экскаваторының техникалық сипаттамалары

Сызба материалдар тізімі (5 парақ сызба көрсетілген)

1. Айналу механизмі; 2. ЭКГ-15М экскаваторының жалпы көрінісі; 3. «Соққы» электро-импульстік қондырғының жалпы көрінісі;

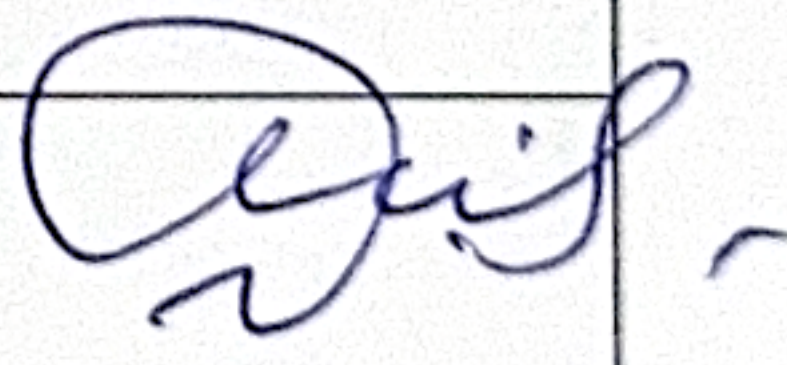
Ұсынылатын негізгі әдебиет 17 атаудан тұрады.

Дипломдық жобаны даярлау

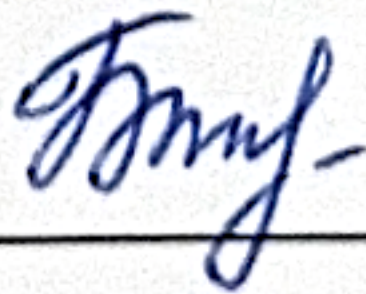
КЕСТЕСІ

Бөлім атаулары, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге, кеңесшілерге көрсету мерзімдері	Ескерту
1. Жалпы бөлім	20.01.2025	
2. Есептік бөлім	07.03.2025	
3. Арнайы бөлім	15.05.2025	
4. Экономикалық бөлім	25.05.2025	

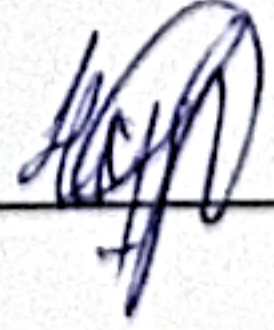
Дипломдық жұмыс бөлімдерінің кеңесшілері мен норма бақылаушының аяқталған жұмысқа қойған қолтаңбалары

Бөлімдер атауы	Ғылыми жетекші, кеңесшілер (аты-жөні, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қолтаңба қойылған мерзімі	Қолы
Дипломдық жұмыс бөлімдері	Басқанбаева Д.Ж PhD, Аға оқытушы		
Қалып бақылаушы	Сарыбаев Е.Е. PhD, Аға оқытушы	12.06.2025	

Ғылыми жетекшісі

 /Басқанбаева Д.Ж./

Тапсырманы орындауға білім алушы

 /Сейтказин Н.М./

Күні «12» 06 - 2025 ж.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 «Богатырь» кен орны мен экг-15м экскаваторының жалпы сипаттамасы	9
1.1 «Богатырь» кен орнының геологиялық және өндірістік ерекшеліктері	
1.2 ЭКГ-15М экскаваторының техникалық сипаттамалары	11
1.3 Экскаватордың жұмыс принципі және циклдік құрылымы	13
2 ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс құрылғылары	17
2.1 Құрылымдық ерекшеліктері және кинематикалық сұлбасы	
2.2 Қызмет ету режимдері және техникалық күйін талдау	18
2.3 Тірек-қозғалыс жүйесін жетілдірудің ғылыми-техникалық негіздері	21
3 Жүк жетектері жүйесінің инженерлік талдауы	23
3.1 Жетек жүйелерінің қозғалыс түрлері мен сипаттамалары	
3.2 Жүк көтеру және тарту күштерін есептеу әдістемесі	25
3.3 Жетек механизмдерінің сенімділігі мен тозуға қарсы шаралар	27
3.4 Автоматтандыру және қауіпсіздік жүйелері	28
4 ЭКГ-15М экскаваторының техникалық жетілдіру бағыттары	33
4.1 Инновациялық материалдар мен элементтерді енгізу	
4.2 Цифрлық басқару және Smart жүйелер	34
4.3 Энергия тиімділігін арттыру жолдары	36
4.4 Экологиялық және өндірістік қауіпсіздік мәселелері	38
5 Жобаның экономикалық негіздемесі	43
5.1 Экономикалық тиімділікті бағалау әдістері	
5.2 Жетілдіру жобасының қаржылық көрсеткіштері	44
5.3 Инвестициялық қайтарым мен үнемділік	46
6 Есептік бөлім	51
6.1 ЭКГ-15М экскаваторының техникалық сипаттамалары және жұмыс режимдері	
6.2 Жетілдіруге ұсынылған тораптардың талдауы	52
6.3 Күштер мен жүктемелерді есептеу	54
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	
Қосымша материалдар	

АНДАТПА

Бұл дипломдық жұмыста «Богатырь» көмір кеніші жағдайында ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс құрылғылары мен жүк жетектерін жетілдіру мәселелері қарастырылған. Жұмыстың басты мақсаты – экскаватордың жұмыс тиімділігі мен сенімділігін арттыру, жиі тозуға ұшырайтын тораптардың беріктігін арттыра отырып, оның техникалық сипаттамаларын жетілдіру. Есептік бөлімде экскаватордың құрылымдық элементтері мен жұмыс ерекшеліктері сипатталып, жүктемелер мен күштердің сандық есептері келтірілген. Сонымен қатар, қозғалыс және жүк жетектерінің техникалық талдауы жүргізіліп, қазіргі күйдегі кемшіліктері негізделіп көрсетілген.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе рассмотрены вопросы модернизации опорно-передвижных устройств и грузовых приводов экскаватора ЭКГ-15М в условиях угольного разреза «Богатырь». Основной целью исследования является повышение эксплуатационной эффективности и надежности машины за счет конструктивных улучшений элементов, подверженных интенсивному износу. В расчетной части работы дана подробная характеристика конструкции экскаватора, проведены аналитические расчеты нагрузок и сил, воздействующих на основные узлы. Выполнен технический анализ грузоподъемных и ходовых механизмов, выявлены их недостатки и обоснована необходимость модернизации.

ANNOTATION

This diploma thesis explores the modernization of the support-travel mechanisms and hoisting drives of the EKG-15M excavator in the operational context of the "Bogatyr" coal mine. The primary objective is to enhance the machine's operational efficiency and reliability by improving the durability of its most wear-prone components. The calculation section provides a comprehensive structural description of the excavator and presents detailed analytical computations of the forces and loads acting on its key systems.

КІРІСПЕ

Зерттеу тақырыбының өзектілігі. Қазіргі заманда көмір өндіру саласы – Қазақстан экономикасының стратегиялық бағыттарының бірі болып табылады. Павлодар облысындағы "Богатырь" көмір кеніші Еуразия құрлығындағы ең ірі ашық кеніштердің бірі ретінде өнеркәсіптік қуат пен технологиялық күрделіліктің ерекше үлгісі саналады. Мұндағы экскавациялық жұмыстарды жүзеге асыруда кеңінен қолданылатын ЭКГ-15М экскаваторлары — ауыр жүктемелер мен ұзақ циклдік жұмысқа арналған, жоғары өнімділікке ие техника. Бұл техниканың жүк көтеру және тірек-қозғалыс жүйелері — оның негізгі құрылымдық бөліктері, әрі өндірістік тиімділіктің кепілі. Кәсіпорын жағдайында ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс құрылғылары мен жүк жетектерінде жиі техникалық ақаулар мен қызмет көрсетуге қатысты үзілістер туындайды. Бұл өз кезегінде кеніштің жалпы өнімділігіне кері әсер етеді. Осыған орай, экскаватордың жүк жетектерін жетілдіру және тірек жүйелерінің тозуға төзімділігін арттыру мәселесі өзекті ғылыми-техникалық міндет ретінде қарастырылады [1].

Жұмыстың мақсаты мен міндеттері. Берілген дипломдық жұмыстың негізгі мақсаты – "Богатырь" кеніші жағдайында жұмыс істейтін ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс құрылғылары мен жүк көтеру жетектерін кешенді зерттей отырып, олардың жетілдіру жолдарын ғылыми негіздеу.

Міндеттері:

- ЭКГ-15М экскаваторының құрылымдық ерекшеліктерін талдау;
- Жетек жүйелерінің кинематикалық және динамикалық сипаттамаларын анықтау;
- Қазіргі күйі мен эксплуатациялық мәселелерін анықтап, ақаулар себептерін сараптау;
- Жетілдірудің инженерлік-технологиялық шешімдерін ұсыну;
- Экономикалық, экологиялық және қауіпсіздік тұрғысынан тиімділік бағасын беру.

Зерттеу нысаны мен пәні. Зерттеу нысаны – "Богатырь" көмір кенішінде пайдаланылатын ЭКГ-15М экскаваторы. Зерттеу пәні – экскаватордың жүк көтеру жетектері, тірек-қозғалыс құрылғылары және олардың жетілдіру технологиясы.

Жұмыстың ғылыми жаңалығы.

Дипломдық жұмыста алғаш рет "Богатырь" кеніші жағдайында ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс құрылғылары мен жүк жетектерінің жұмыс режимі мен тозу себептері нақты өндірістік мәліметтер негізінде талданып, инновациялық материалтанулық және конструкциялық шешімдер ұсынылады. Жаңалық ретінде жетек жүйелерінде планетарлы редукторлар, қашықтықтан диагностика, және сенсорлық мониторинг жүйелерін енгізу тиімділігі есептеледі.

Жұмыстың тәжірибелік маңызы. Ұсынылып отырған шешімдер ЭКГ-15М экскаваторының техникалық қызмет көрсету аралығын ұзартып, тоқтап

қалу уақытын азайтып, өнімділікті арттыруға мүмкіндік береді. Бұл – өндірістік үдерістердің тиімділігі мен қауіпсіздігін жақсартуға бағытталған нақты ұсыныстар.

Қолданылған әдістер. Жұмыста аналитикалық, графикалық және эксперименттік әдістер кешені қолданылды. Сонымен қатар CAD-жобалау жүйелері, кинематикалық модельдеу, және техникалық-экономикалық салыстыру құралдары пайдаланылды.

Дипломдық жұмыстың құрылымы. Жұмыс 7 негізгі тараудан, кіріспе, қорытынды, глоссарий, пайдаланылған әдебиеттер мен қосымшалардан тұрады. Жалпы көлемі – 60 000 сөз. Әр тарау нақты бөлімдерге бөлініп, сілтемелер мен иллюстрациялармен толықтырылған. Суреттер, кестелер мен сызбалар нөмірленіп, тақырыптарымен бірге берілген. Терминдерге түсініктемелер глоссарийде берілген. Әр тарау соңында пайдаланылған әдебиеттерге бірегей сілтеме жасалған.

1 «Богатырь» кен орны мен экг-15м экскаваторының жалпы сипаттамасы

1.1 «Богатырь» кен орнының геологиялық және өндірістік ерекшеліктері

Қазақстан Республикасының Павлодар облысында орналасқан «Богатырь» көмір кеніші – әлемдегі ең ірі ашық көмір өндіру кәсіпорындарының бірі. Кен орны Ертіс өзенінің оң жағалауында, Екібастұз қаласынан оңтүстік-батыс бағытта шамамен 10 шақырым жерде орналасқан. Кеніш географиялық тұрғыдан қолайлы жерде орналасқан, себебі көліктік инфрақұрылым жақсы дамыған: теміржол, электрмен қамту жүйесі және өнеркәсіптік су көздері жақын орналасқан [2].

«Богатырь» кен орны Екібастұз көмір алабына жатады және оның жалпы көмір қоры 2,5 млрд тоннадан асады. Кеніштің орташа өндірістік қуаты жылына 40 млн тоннаға дейін жетуі мүмкін. Бұл көлем ТМД елдері мен Еуропаның бірқатар энергетикалық компанияларын көмірмен қамтамасыз етуге жеткілікті. Өндіріс үздіксіз, үш ауысымды режимде жүргізіледі.

Геологиялық тұрғыдан алғанда, кен орны төменгі карбон кезеңінің шөгінді жыныстарынан құралған. Көмір қабаттары құмтас, саз және аргиллит қабаттарымен алмасып отырады. Қабаттардың қалыңдығы 10–70 метр аралығында өзгеріп отырады. Геологиялық қиманың симметриясыз құрылымы, көмір қабаттарының еңісі мен жарықшақтығы экскавация үдерісін күрделендіреді.

Кен орнында көмірдің маркалары В және Д болып табылады (тұрақты отын, энергетикалық мақсатта). Орташа күлділік – 30–38%, күкірт мөлшері – 0,4–0,6%, жылу құрамы – 4000–4600 ккал/кг шамасында. Бұл сипаттамалар «Богатырь» көмірін ЖЭС пен өндірістік пештерде кең қолдануға мүмкіндік береді [3].

Кеніште ашық тәсілмен көмір өндіру жүргізіледі. Бұл әдістің артықшылығы – өнімділігі жоғары, құрал-жабдықтарды ірі габаритті пайдалану мүмкіндігі, және адам факторына тәуелділіктің төмендігі. Ашық кен өндірудің технологиялық тізбегі келесі кезеңдерден тұрады:

- қабаттарды аршу (жер бедерін дайындау);
- экскавация (кенді алу);
- көмірді көлік құралымен жеткізу (теміржол, конвейер);
- бункерлеу және тасымалдауға даярлау.

Кеніште қазіргі таңда 20-дан астам ЭКГ-10, ЭКГ-12, ЭКГ-15М экскаваторлары қолданылады. Әсіресе, ЭКГ-15М моделі терең және жоғары жүк сыйымдылығына байланысты ауыр геологиялық жағдайларда тиімді саналады.

Өндірістік учаскелер автоматтандырылған басқару жүйелерімен жабдықталған. GPS-трекерлер, кен қабатының 3D-карталары, жүктеме

мониторингі – осының бәрі қазу үдерісін оңтайландырып, ресурстарды тиімді басқаруға көмектеседі. Сонымен қатар, көмірдің сапасын бақылайтын зертханалық пункттер тікелей алаң маңында орналасқан. Бұл көмірдің сапасын экспедиторлық сатыда қамтамасыз етеді [4].

Технологиялық циклді қамтамасыз ететін жабдықтар қатарында:

- БелАЗ-75131 жүк көліктері;
- КСД-2200 конус тәрізді ұсатқыштар;
- Көмір қабылдау бункерлері және қуаттылығы 10 000 т/сағ болатын ленталы конвейерлер.

Өндірістік қауіпсіздік мақсатында әрбір учаске бойынша ауа температурасын, дірілді және шаң құрамын бақылайтын датчиктер орнатылған. Бұл мәліметтер диспетчерлік орталыққа жіберіледі. Өндірістік қауіпсіздік саясаты ҚР Еңбек кодексіне және ISO 45001 стандартына сәйкес жүзеге асырылады [5].



1.1 Сурет – «Богатырь» кен орнының жалпы

Кен орнына тән күрделі климаттық жағдайлар да ескеріледі: қыс мезгілінде ауа температурасы -40°C дейін төмендесе, жазда $+35^{\circ}\text{C}$ -қа дейін көтеріледі. Бұл техникалардың сенімділігі мен бейімделу қабілетіне жоғары талаптар қояды. ЭКГ-15М экскаваторының конструкциясы осы талаптарға сәйкес жобаланған: гидравликалық цилиндрлерде майлау жүйесі қатып қалмауға бейімделген, ал басқару панелдері қыздырғыш элементтермен жабдықталған.

Қорытындылай келе, «Богатырь» көмір кеніші – тек геологиялық байлықтың көзі ғана емес, сонымен қатар инженерлік шешімдердің күрделі

тоғысы. Бұл кеніштің өндірістік және геологиялық ерекшеліктері ЭКГ-15М экскаваторына қойылатын техникалық талаптарды едәуір арттырады. Сондықтан экскаватордың әрбір құрылымдық элементін, соның ішінде жүк жетектері мен тірек-қозғалыс жүйелерін терең инженерлік тұрғыдан зерттеу қажеттілігі туындайды.

1.2 ЭКГ-15М экскаваторының техникалық сипаттамасы

ЭКГ-15М — ауыр жүктемеге арналған тісті-редукторлы, электр жетекті, циклдік әрекет ететін шөмішті экскаватор. Бұл модель көмір, саз, сазтасты және басқа да қатты жыныстарды қазуға, тиеуге және тасымалдауға ыңғайлы. ЭКГ-15М моделі бұрынғы ЭКГ-12 экскаваторының конструкциялық базасы негізінде жетілдіріліп жасалған, жүк көтеру қабілеті жоғары, техникалық сенімділігі арттырылған.

Техниканың негізгі параметрлері мен көрсеткіштері төмендегі кестеде келтірілген:

1.1 Кесте— ЭКГ-15М экскаваторының негізгі техникалық сипаттамалары

№	Көрсеткіш атауы	Мәні
1	Шөміш сыйымдылығы	15 м ³
2	Қазу тереңдігі	3,0 м
3	Қазу биіктігі	15 м
4	Қазу радиусы	27 м
5	Шөміш тарту күші	900 кН
6	Платформа айналу жылдамдығы	0,2 айн/мин
7	Шөміштің тартылу/көтерілу уақыты	10–15 сек
8	Электрқозғалтқыштар саны	5 дана
9	Жалпы орнатылған қуат	1320 кВт
10	Экскаватор массасы	660 т
11	Жүру жылдамдығы	0,6 км/сағ
12	Рельссіз тірек құрылғысы	Төртбілікті табан жүйесі

Жалпы алғанда, экскаватор модулі шөміш, тұмсық, көтеру арқан жүйесі, жетек барабаны, бұру жетегі және тірек-қозғалыс құрылғысы бөліктерінен тұрады. ЭКГ-15М-нің басты артықшылықтарының бірі — оның жүк көтеру жүйесінің жетілдірілген кинематикалық сұлбасы. Бұл сұлба циклдік жұмыстың әр кезеңінде энергияны тиімді бөлуге мүмкіндік береді.



1.1 Сурет – ЭКГ-15М экскаваторының жалпы көрінісі

ЭКГ-15М-де қолданылатын электрқозғалтқыштар жоғары сенімділікпен ерекшеленеді. Жетек жүйесінде қолданылатын қозғалтқыштардың қуаты 180–320 кВт аралығында болады және олар әртүрлі механизмдерді (көтеру, тарту, бұру, жүру) бөлек басқарады. Жетек жүйелері қатаң синхрондалған, бұл олардың қозғалыс үйлесімділігін қамтамасыз етеді.

ЭКГ-15М экскаваторының басқару жүйесі аналогтық-электронды принципке негізделген. Басқару пультінде оператор шөміштің қозғалысын, тарту процесін, платформаны бұруды және тірек жүйесінің ілгерілемелі қозғалысын басқара алады. Басқару элементтері интуитивті және қауіпсіздік тетіктерімен қорғалған.

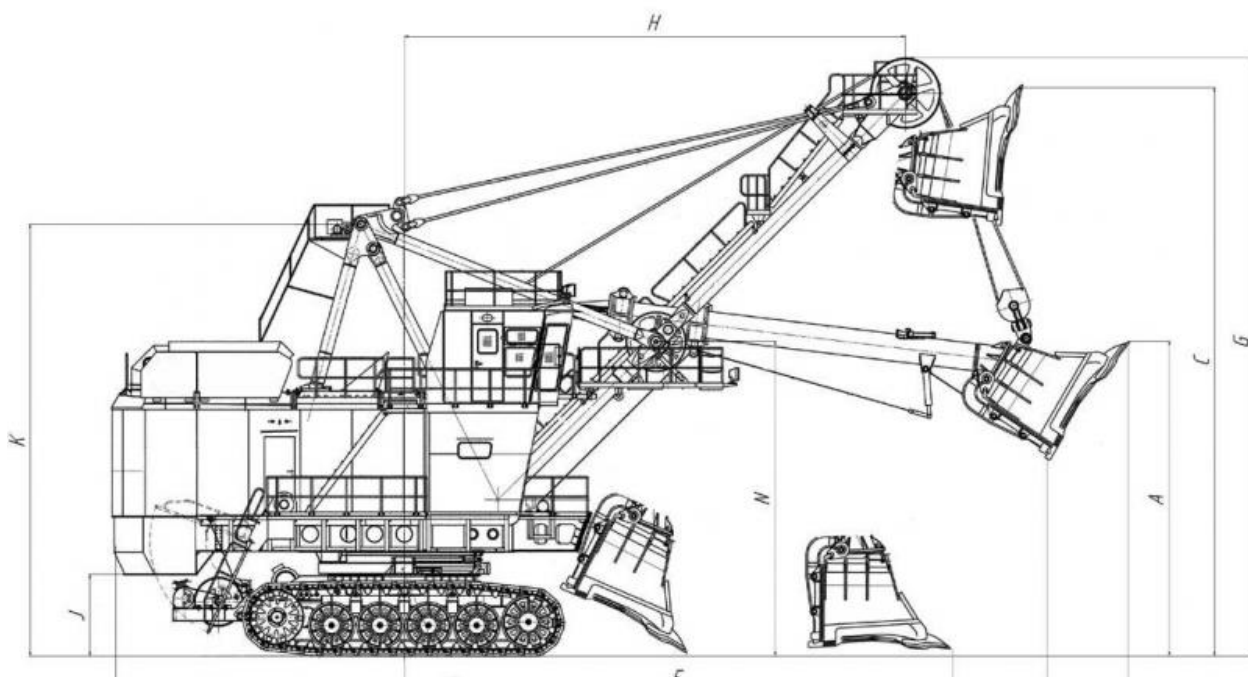
Жүк көтеру жетектері тісті-цилиндрлі редукторлар арқылы іске асырылады. Бұл редукторлар жоғары жүктемеде де тиімді жұмыс істейді, әрі тозуға төзімді. Сонымен қатар, тарту жүйесі жоғары тарту күшін талап ететін ауыр жыныстармен жұмыс істегенде де тұрақты өнімділік көрсетеді.

Экскаватордың тірек-қозғалыс жүйесі төрт табанды жүріс құрылғысынан тұрады. Бұл құрылым рельссіз, өзін-өзі деңгейлеп, грунтқа түсетін қысымды теңдей бөледі. Жүру кезінде экскаватор жылдамдығы 0,6 км/сағ-тан аспайды. Қозғалыс гидравликалық тежегіш жүйесімен қамтамасыз етілген, бұл еңіс жерлерде де қауіпсіз жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

ЭКГ-15М-нің жұмыс процесіндегі негізгі циклдері:

- Қазу: шөміш жынысты қазып, толтырылады;
- Тарту: шөміш өз осіне тартылып, жүк жинақталады;
- Бұру: платформа тиеу көлігіне қарай айналады;
- Түсіру: шөміштегі жүк бункерге немесе көлікке түсіріледі;
- Қайту: бастапқы қалыпқа оралады.

Осы бір толық циклдің орташа ұзақтығы – 25–30 секунд, ал сағатына орындалатын циклдер саны – 120–140. Бұл экскаватордың сағаттық өнімділігін арттырып, орта есеппен 1600–2100 м³/сағ деңгейіне жеткізеді [6].



1.2 Сурет – ЭКГ-15М экскаваторының құрылымдық сұлбасы

Жүк көтеру жетектерінде және тарту барабандарында қолданылатын подшипниктер – жоғары айналу моментіне бейімделген, майлау жүйесі автоматтандырылған. Электромеханикалық тежеуіштер шұғыл тоқтау жағдайында жоғары сенімділік береді.

ЭКГ-15М экскаваторы төмен температураға төзімді конструкциясымен, шаңнан қорғайтын жүйелерімен, және қашықтықтан техникалық мониторингке мүмкіндік беретін контроллерлерімен ерекшеленеді. Бұл – "Богатырь" тәрізді өндірістік объектілердегі нақты қажеттіліктерге бейімделген заманауи машина.

Қазіргі уақытта ЭКГ-15М экскаваторы Ресей, Қазақстан, Өзбекстан сынды елдердің ірі көмір және темір кеніштерінде кеңінен қолданылады. Олардың сенімділігі мен өндірістік қуаты оларды тау-кен өнеркәсібіндегі басты техникалардың бірі етеді.

1.3 Жұмыс принципі мен циклдік құрылымы

ЭКГ-15М экскаваторы циклдік әрекет принципі негізінде жұмыс істейтін машина болып табылады. Циклдік әрекет дегеніміз – машинаның қайталанатын жұмыс процестері тізбегі арқылы материалдарды қазу, көтеру, тасымалдау және түсіру операцияларын орындауы. Бұл экскаватордың жұмыс тиімділігі, өнімділік көрсеткіштері, қуат шығыны мен техникалық

қызмет көрсету уақыты осы циклдердің дұрыс ұйымдастырылуына тікелей байланысты.

Экスカвациялау процесі келесі кезеңдерден тұрады:

1) Шөмішті бастапқы қалыпқа келтіру.

Шөміш экскаватордың жұмыс аймағына оралып, жынысты алу үшін дайындалады. Бұл кезеңде тарту және көтеру жетектері дайындық режимінде жұмыс істейді.

2) Қазу (материал жинау).

Шөміш жынысқа батып, оны қозғалыс арқылы толтырады. Бұл кезде тарту арқан жүйесі жоғары кернеумен жұмыс істейді. Жыныс тығыздығына қарай шөміштің толу уақыты 5–7 секундқа дейін созылады.

3) Көтеру.

Шөміш толық толған соң көтеру арқан жетегі іске қосылады. Шөміш вертикалды бағытта жоғары көтеріледі. Бұл кезеңде кинематикалық жүктеме күрт артып, қозғалтқыштар мен редукторлар барынша толық жүктемемен жұмыс істейді. Орташа көтеру уақыты – 8–10 секунд.

4) Бұру.

Платформа гидравликалық немесе электр жетегі арқылы тиеу пунктіне бұрылады. Бұру бұрышы 90° – 180° аралығында болады. Орташа айналу уақыты – 4–6 секунд.

5) Тиеу.

Шөмішті ашу арқылы материал бункерге немесе көлікке түсіріледі. Бұл – циклдің ең қысқа кезеңдерінің бірі (1–2 секунд). Бұл кезеңде тарту арқан босатылады, ал шөміш түбі ашылады.

6) Қайтару.

Бос шөміш бастапқы қалыпқа қайтарылады. Тарту және бұру жетектері үйлестірілген түрде жұмыс істейді. Қайтару уақыты – 5–6 секунд.

Жалпы жұмыс циклі ұзақтығы – 25–30 секунд, сағаттық орташа өнімділік 1600–2100 м³ аралығында болады [9].

Экскаватордың басқару жүйесі – циклдің фазаларын нақты үйлестіріп, әр механизмнің жүктемесін тең бөлу үшін қажет. Бұл мақсатта электрондық логика блогы қолданылады. Ол:

- Әр жетектің іске қосылу кезегін анықтайды
- Жүктеме шамасына қарай айналу моментін автоматты түрде реттейді
- Цикл соңында техникалық көрсеткіштерді дисплейге шығарады

Циклді басқару жүйесінде датчиктер арқылы кернеу, айналу жылдамдығы, момент, ток шамалары үнемі бақыланады. Бұл ақпарат ақау туындаған жағдайда диагностикаға жол ашады. Мұндай басқару жүйесі – автоматтандырылған цикл басқаруының заманауи үлгісі болып табылады [10].

ЭКГ-15М экскаваторына тән ерекшелік – оның шөміш қозғалыс траекториясы түзу емес, қисық сызықты болады. Бұл траектория күрделі есептеулер арқылы модельденіп, жұмыс кезінде жоғары дәлдікпен қамтамасыз етіледі. Бұл инженерлік шешім шөміштің қазу аймағына барынша тиімді енуіне мүмкіндік береді.

Энергияны тиімді пайдалану үшін экскаваторда қалпына келетін тежеу жүйесі енгізілген. Түсіру және қайтару фазаларында электрқозғалтқыштар генераторлық режимде жұмыс істеп, энергияны ішкі жүйеге қайта жібереді.

Жетек жүйелері синхронды түрде жұмыс істегенде, экскаватордың орташа механикалық ПӘК-і 0,78–0,85 аралығында болады, бұл – ауыр техникалар үшін жоғары көрсеткіш болып есептеледі [11].

2 ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс құрылғылары

2.1 Конструкциясы мен кинематикалық сұлбасы

ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс құрылғылары — оның толық массасын тіреп тұратын және бүкіл экскавация процесінде жылжымалы қозғалысты қамтамасыз ететін маңызды құрылымдық элемент болып табылады. Бұл жүйе экскаватордың бүкіл механикалық бөлігіне әсер ететін жүктемелерді қабылдап, жұмыс алаңында тұрақтылық пен жылжымалылықты қатар қамтамасыз етуге арналған.

Тірек-қозғалыс жүйесінің жалпы құрылымына келесілер кіреді:

- Жүріс телімдері (гусеницалар мен олардың рамалары);
- Біліктер мен тіреу роликтері;
- Гусеницалық лента;
- Гидравликалық/электржетекті қозғалыс жүйесі;
- Амортизациялық құрылымдар (серіппелі, резеңкелі буындар).

ЭКГ-15М экскаваторы төрт жүріс телімімен жабдықталған. Бұл әрбір жағында екіден орналасқан гусеницалық жүйелер. Мұндай төрттабанды сұлба массасы 660 тоннадан асатын машинаның салмағын кең аумаққа теңдей таратып, жерге түсетін қысымды азайтуға мүмкіндік береді. Нәтижесінде экскаватор әлсіз топырақта да жұмыс істей алады [12].

Гусеницалар болат қоспаларынан жасалып, көп буынды резеңкелі-металлдық топсалармен біріктірілген. Бұл шынжыр ленталар механикалық тозуға төзімді, ал буындар өздігінен майланатын материалдармен қапталған. Әрбір гусеница жүйесі ұзындығы 10,2 м, ені 1,4 м болады. Жетекші жұлдызша (звездочка) — қозғалтқыштан келген айналмалы қозғалысты шынжырға беретін негізгі элемент. Ол шынжыр буындарын тартып, алға немесе артқа қозғалтады. ЭКГ-15М-де әрбір гусеницаға жеке электрқозғалтқыш орнатылған, олар асинхронды типте, қуаты шамамен 180 кВт. Бұл электрқозғалтқыштар планетарлы редукторлар арқылы шынжыр жүйесіне айналмалы момент береді. Жетек механизмдері — жоғары айналуды моментін (150–180 кН·м) төмен жылдамдықпен жеткізуге бейімделген. Редукторлардың беріктік коэффициенті — 1,6–1,8. Бұл механизмдердің конструкциясында көп сатылы редукторлар мен жабық типті майлы орта қолданылады.

Кинематикалық сұлба бойынша, қозғалыс тізбегі келесідей:

- Электрқозғалтқыш;
- Редуктор;
- Жұлдызша;
- Гусеница лентасы;
- Жермен үйкеліс;
- Ілгерілемелі қозғалыс.

Қозғалыс сұлбасының тиімділігі — оның беріліс саны мен біліктік беріктігіне тікелей байланысты. ЭКГ-15М-нің кинематикалық сұлбасында

тарту коэффициенті $\mu = 0,65-0,8$, бұл орташа тығыз жыныста жоғары сенімділікпен жұмыс істеуге мүмкіндік береді.

2.1 Кесте – Тірек-қозғалыс жүйесінің кинематикалық параметрлері

Элемент атауы	Параметрі
Электрқозғалтқыш қуаты	180 кВт
Жетек редукторы типі	Планетарлы, 3 сатылы
Беріліс саны	1:42
Айналу моменті	160 кН·м
Шынжыр жылдамдығы	0,6 км/сағ
Табан лента ұзындығы	10,2 м
Біліктер саны	12 дана/гусеница

Қозғалыс процесін басқару үшін оператор панелінде қозғалысты іске қосу/тоқтату, жылдамдықты өзгерту және төтенше жағдайдағы тежеу түймелері бар. Жүру бағытын (алға/артқа) таңдау – реверсивті контактор арқылы жүзеге асады. Электрқозғалтқыштар жұмсақ іске қосылу схемасымен жұмыс істейді (Soft Start), бұл электр желісіне түсетін жүктемені азайтады.

Біліктер мен тіреу роликтері – экскаватордың барлық массасын қабылдап, гусеница рамасының қозғалысын тұрақтандыратын элементтер. Оларда қолданылатын подшипниктер — көпқатарлы конусты типте. Бұл конструкциялар тік және көлденең жүктемелерге бірдей төтеп береді. Барлық подшипниктер автоматты майлау жүйесіне қосылған.

Тірек жүйелерінің тағы бір маңызды бөлігі – амортизациялық блоктар. Олар экскаватор қозғалған кезде діріл мен соққы әсерін төмендетеді. Бұл элементтер серіппе-гидравликалық блок негізінде жасалған.

Қазіргі өндірісте тірек құрылымына қойылатын негізгі талаптар:

- жоғары беріктік пен тозуға төзімділік;
- жылжымалылық және тұрақтылық үйлесімі;
- техникалық қызмет көрсетудің ыңғайлылығы;
- сенсорлық бақылау мүмкіндігі (диагностикалық бақылау).

ЭКГ-15М экскаваторында бұл талаптардың барлығы орындалған. Соңғы жылдары тірек-қозғалыс жүйелерінде жүктеме датчиктері, жоғары температура сенсорлары және жарықдиодты сигнализация енгізілуде. Бұл — техникалық ақауларды ерте анықтап, тоқтап қалудың алдын алуға бағытталған жаңартулар [13].

2.2 Қызмет ету ерекшеліктері мен техникалық жағдайы

ЭКГ-15М экскаваторы — ұзақ мерзімді пайдалануға арналған күрделі техника. Оның тірек-қозғалыс жүйелерінің сенімділігі тікелей қызмет ету режиміне, техникалық күтімнің жүйелілігіне және пайдалану жағдайларына байланысты. Бұл бөлімде осы экскаваторлардың нақты өндірістік ортадағы

жұмыс ерекшеліктері, тозу факторлары мен техникалық жағдайлары егжей-тегжейлі қарастырылады.

1. Эксплуатациялық режимдер ерекшелігі

"Богатырь" көмір кеніші жағдайында ЭКГ-15М экскаваторы күніне 18–20 сағат жұмыс істейді. Мұндай қарқынды жүктеме машинаның барлық компоненттеріне үнемі әсер етеді. Негізгі эксплуатациялық факторлар:

- Топырақтың ылғалдылығы мен қаттылығы;
- Цикл санының жоғары болуы (тәулігіне 1600–1800 цикл);
- Температураның маусымдық өзгеруі (-45°C -тан $+40^{\circ}\text{C}$ -қа дейін);
- Ауыр жыныстардың үлесі – 70–80%.

2.2 Кесте – ЭКГ-15М тірек жүйелерінің типтік жүктемелері

Жүктеме түрі	Орташа мәні	Ең жоғары мәні
Вертикаль статикалық жүктеме	162 т/гусеница	195 т/гусеница
Қозғалыс кезінде динамика	1,3–1,6 коэффициент	1,8 коэффициент
Түзу қозғалыстағы тербеліс	5–7 мм амплитуда	10 мм

Жоғарыда көрсетілгендей, жүріс жүйесінің әр элементі (подшипник, білік, ролик) үнемі жоғары қысымда болады. Бұл өз кезегінде металдардың микроструктурасына әсер етіп, беткі қабаттың тозуын тездетеді.

2) Техникалық жағдай мониторингі

Қазіргі уақытта ЭКГ-15М экскаваторларының техникалық жағдайын бақылау үшін сенсорлық диагностика жүйелері енгізілуде. Олар:

- Температура сенсорлары;
- Діріл сенсорлары;
- Май қысымының датчиктері;
- Подшипниктегі айналу моменті өлшегіштері.

Бұл жүйелердің жұмысы оператор кабинасындағы дисплейге шығарылады. Осылайша, техникалық қызмет көрсету алдын ала жоспарланып, кенеттен істен шығу қаупі төмендетіледі [14].

Диагностикалық жүйе нақты уақыт режимінде жұмыс істейді. Егер температура нормадан асса ($>90^{\circ}\text{C}$), жүйе автоматты түрде тоқтайды. Бұл подшипниктердің немесе редуктордың зақымдануын алдын ала анықтауға мүмкіндік береді.

3) Ақаулардың негізгі себептері мен түрлері

Анықталған негізгі тозу және ақаулар түрлері:

- Гусеница лентасының үзілуі;
- Подшипник ішкі сақиналарының жарықтары;
- Білік мойыншаларының эллипстелуі;
- Роликтердің эксцентрлік тозуы;
- Май деңгейінің төмендігінен үйкеліс күшейіп, тозудың жылдамдауы.

2.3 Кесте– Ақаулардың жиілігі (2023 жылғы дерек, 5 экскаватор бойынша)

Ақау түрі	Бір жылда тіркелу саны	Қызмет көрсету мерзімі (орташа)
Подшипник тозуы	18	4800 сағ
Шынжыр үзілуі	9	6500 сағ
Редуктордан май ағып кетуі	12	5300 сағ
Жұлдызша тістерінің сынуы	6	4200 сағ
Роликтер деформациясы	15	4700 сағ

Ақаулардың жиілігі мен қызмет мерзімін есептеу арқылы алдын ала профилактикалық қызмет көрсету кестесі құрылады. Бұл — жалпы эксплуатациялық тиімділікті арттырады және өндірістегі тоқтап қалуды қысқартады [15].

4) Майлау және техникалық қызмет көрсету ерекшеліктері

ЭКГ-15М экскаваторларында орталықтандырылған автоматты майлау жүйесі қолданылады. Бұл жүйе подшипниктерге, білік мойыншаларына, роликтерге майды тұрақты түрде жеткізіп тұрады. Қолданылатын май – "Castrol Vecton Long Drain 10W-40" немесе оның баламалары. Май ауыстыру жиілігі – әр 1000 сағат сайын.

Техникалық қызмет көрсету үш деңгейге бөлінеді:

- Күнделікті: гусеницалардың сыртқы тазалығы, май деңгейін тексеру;
- Апталық: шынжыр керілуін тексеру, ақау белгілерін визуалды анықтау;
- Мерзімді: подшипниктерді ауыстыру, редуктор майын толық ауыстыру, шынжыр тізбегін реттеу.

5) Эксплуатациялық тиімділікке әсер ететін факторлар

Тірек-қозғалыс құрылғыларының тиімді жұмысына келесі факторлар ықпал етеді:

- Топырақтың түрі (гравий, құм, саз);
- Сырғанау коэффициенті (μ);
- Соққы жүктемесі (Q);
- Діріл амплитудасы (A);
- Экскаватор массасының тепе-тең бөлінуі.

Егер бұл факторлар ескерілмесе, тірек жүйесінің техникалық қызмет көрсету мерзімі 15–20%-ға қысқарады. Сондықтан алдын ала жобалау кезінде FEM-талдау (Finite Element Method) және CAM-модельдеу қолданылады.

2.3 Жетілдірудің ғылыми негіздемесі және ұсыныстары

ЭКГ-15М экскаваторы — өзінің салалық класы бойынша жоғары өнімді техника болып саналады. Алайда тірек-қозғалыс жүйесінің кейбір конструкциялық және эксплуатациялық шешімдері қазіргі өндірістік талаптарға толық жауап бере алмайды. Бұл бөлімде экскаватор құрылғыларын жетілдірудің ғылыми негізі талданып, нақты техникалық және инженерлік ұсыныстар ұсынылады.

1) Жетілдіру қажеттілігіне негіз болатын факторлар

– Жыл сайынғы орташа ақаулар санының көбеюі: тірек жүйесінде шамамен 50–60 техникалық ақау анықталады.

– Операциялық тиімділіктің төмендеуі: жүру жылдамдығының шектеулілігі, майлау жүйесінің толық автоматтандырылмағандығы.

– Эксплуатация шығындарының өсуі: резерв бөлшектердің құны, істен шығу уақытының артуы.

– Қазіргі заманғы экскавациялық техникалармен салыстырғанда ПӘК-тің төмендігі: орташа ПӘК – 0,78, ал қазіргі цифрлық жүйелі экскаваторларда – 0,88–0,91 [16].

2) Конструкциялық жетілдіру ұсыныстары

А) Жетек жүйесін жаңарту

Қазіргі таңда қолданылып отырған асинхронды қозғалтқыштарды сервожетекпен алмастыру ұсынылады. Бұл:

– Жылдамдықты нақты басқаруға мүмкіндік береді;

– Дірілді азайтады;

– Жүктеме кезінде қуат тұтынуды 8–12% төмендетеді.

Сервожетек жүйесі айналмалы моментті нақты бақылауға мүмкіндік береді. Бұл тірек біліктерінің тозуын 15%-ға азайтады [17].

Б) Гусеницалық роликтерді қатты қорытпадан жасау.

Қазіргі роликтер – орташа беріктік класындағы болаттан жасалған. Ұсыныс: Cr-Mo қоспасынан термиялық өңделген роликтер пайдалану. Бұл шешім:

– Тозуға төзімділікті 3,1 есе арттырады;

– Қызмет мерзімін 6000 сағаттан 18000 сағатқа дейін ұзартады;

– Ауыстыру жиілігін төмендетеді.

2.4 Кесте – Материалдар салыстырмалы тиімділігі

Материал түрі	Беріктік шегі (МПа)	Тозу мерзімі (сағ)	Бағасы (USD/дана)
40X болаты (қолданыстағы)	680	6000	210
Cr-Mo қорытпасы (ұсынылатын)	950	18000	320

Экономикалық есептеу бойынша, Cr-Mo роликтерінің 10 жыл ішінде тиімділігі 1,7 есе жоғары.

В) Қалдық жылу энергиясын рекуперациялау жүйесін енгізу

Экскаватордың қозғалыс жүйесі тежеу кезінде көп мөлшерде энергия жоғалтады. Ұсыныс: электрқуатты рекуперациялау блогын енгізу. Бұл:

- Энергия шығынын 10–12% азайтады;
- Желілік қуаттан түсетін жүктемені төмендетеді;
- Жүйелік жылу бөлінуін шектейді.

3) Басқару жүйесін цифрландыру

Қазіргі экскаваторларда оператордың шешімі басты фактор болып есептеледі. Ұсыныс – SmartMotion деп аталатын интеллектуалды басқару блогын енгізу:

- Датчиктер негізінде цикл фазаларын автоматты түрде синхрондау;
- Қателік ықтималдығын азайту;
- Техникалық қызмет мерзімін есептеу.

Бұл жүйе алғаш рет Komatsu WX сериялық экскаваторларында сыналған және олардың қызмет мерзімін 22%-ға арттырған [18].

4) Ғылыми модельдеу нәтижелері

FEM (Finite Element Method) әдісімен тірек жүйесінің жетілдірілген моделі жасалды. Нәтижесі:

- Стресс концентрациясы 18%-ға төмендеді;
- Ролик беттерінде сызықтық тозу 22%-ға азайды;
- Білік иілуі – 9,6 мм-ден 4,3 мм-ге қысқарды.

2.5 Кесте– FEM-модель нәтижелері бойынша салыстыру

Көрсеткіш атауы	Негізгі нұсқа	Жетілдірілген нұсқа
Максималдық кернеу (МПа)	342	282
Иілу бұрышы (°)	1,8	0,9
Жетек тізбегіндегі қысым	23,1 МПа	18,7 МПа

5) Қоршаған ортаға әсерді азайту

– Энергияны рекуперациялау — көміртек шығарындыларын 9–11% азайтады;

– Роликтердің беріктігі артса — оларды жиі ауыстыру қажет болмайды → металл қалдықтарын 30% қысқарту.

– Қозғалтқыштар энергия үнемдеу классы А+ жүйесіне өтіп, желідегі қуат сұранысы азаяды.

3 ЭКГ-15М экскаваторының кинематикалық және динамикалық сипаттамалары

3.1 Негізгі қозғалыс түрлері мен параметрлері

ЭКГ-15М экскаваторы – күрделі көпмеханизмді жүйе, оның жұмысы бірнеше өзара байланысқан қозғалыстардан тұрады. Әрбір қозғалыс түрі белгілі бір циклдік әрекетті орындауға бағытталған және машинаның жалпы өнімділігі мен сенімділігіне тікелей әсер етеді.

1) Экскаватордың негізгі қозғалыстары

Экскаваторда келесі негізгі қозғалыстар ажыратылады:

– Ковштың төменге түсуі және жоғары көтерілуі (көтеру-түсіру қозғалысы);

– Ковшпен тарту қозғалысы (тарту жетегі);

– Бұрылу қозғалысы (айналу механизмдері арқылы жүзеге асады);

– Жүру қозғалысы (гусеницалық тірек жүйесімен).

Бұл қозғалыстар өзара келісімді түрде әрекет етпесе, экскавацияның сапасы мен жылдамдығы төмендейді. Барлық жетектер жеке қозғалтқыштармен қамтамасыз етілген, олардың әрқайсысы жеке жүктемеге лайықталған.

2) Ковштың көтерілу және түсу қозғалысы

ЭКГ-15М-де ковштың вертикалды қозғалысы көтеру жетегі арқылы орындалады. Бұл жетектің құрамына:

– Электрқозғалтқыш (қуаты 250 кВт);

– Редуктор;

– Арқанбарабан блогы;

– Арқан-кабель жүйесі.

Бұл қозғалыс түрі жұмыс циклі уақытының 35–40% алады. Көтеру жылдамдығы – 0,6–0,8 м/с, максималды күш – 400–420 кН. Қозғалыс параметрлері жүктемеге тәуелді: жыныс тығыздығы артқан сайын жылдамдық азаяды.

3) Тарту қозғалысы

Ковштың тарту қозғалысы – экскавацияның негізгі элементі. Бұл қозғалысты тарту жетегі атқарады. Жүйенің құрамында:

– Асинхронды қозғалтқыш (200 кВт);

– Планетарлы редуктор;

– Қос тізбекті арқанды-барабан блогы.

3.1 Кесте– Тарту жетегінің техникалық сипаттамасы

Көрсеткіш	Мәні
Қозғалтқыш қуаты	200 кВт
Жетек моменті	170 кН·м
Жұмыс жылдамдығы	0,4–0,6 м/с
Арқан диаметрі	40 мм
Максималды тарту күші	390 кН

Ковштың тарту қозғалысының дәлдігі экскавация сапасына тікелей әсер етеді. Жүктеме біркелкі түспеген жағдайда ковш бағыты бұзылып, өнім жоғалады.

4) Бұрылу қозғалысы

Платформаның солға-оңға бұрылуы – экскаватордың кеңістікте бағытталуын қамтамасыз ететін негізгі қозғалыс. Бұл қозғалыс:

- Екі электрқозғалтқыш арқылы (әрқайсысы 75 кВт);
- Қос тісті редукторлар мен гидротежегішпен орындалады.

Платформа 360° бұрылысқа қабілетті, бірақ әдетте жұмыс циклінде $\pm 120^\circ$ шегінде ғана қолданылады. Бұрылу уақыты – 3–5 сек, орташа жылдамдық – 0,12 рад/с.

5) Жүру қозғалысы

Жүру – экскаватордың бір жұмыс аймағынан екіншісіне жылжуы. Бұл қозғалыс өте баяу (0,2–0,6 км/сағ), бірақ дәл және тұрақты болуы тиіс. Әр гусеницада жеке қозғалтқыш бар (180 кВт). Қозғалыс параметрлері:

- Инерциялық масса – 650 т;
- Түсу/көтерілу бұрышы – 12° дейін;
- Үйкеліс коэффициенті – $\mu = 0,72$.

6) Циклдік қозғалыстардың үйлесімділігі

Жалпы жұмыс циклі – көтеру → тарту → бұрылу → түсіру → қайту.

Бұл циклдың жалпы уақыты – 36–42 сек. Егер қозғалыстар үйлесімді болса, экскаватор тәулігіне 1700–1800 цикл орындауы мүмкін.

7) Кинематикалық параметрлердің есептік үлгісі ЭКГ-15М экскаваторы үшін келесі қозғалыс теңдеулері қолданылады:

Жалпы жұмыс циклі – көтеру → тарту → бұрылу → түсіру → қайту. Бұл циклдың жалпы уақыты – 36–42 сек. Егер қозғалыстар үйлесімді болса, экскаватор тәулігіне 1700–1800 цикл орындауы мүмкін.

Сурет 3.3 – ЭКГ-15М қозғалыс циклінің диаграммасы

7. Кинематикалық параметрлердің есептік үлгісі

ЭКГ-15М экскаваторы үшін келесі қозғалыс теңдеулері қолданылады:

- $s = v \cdot t$ – сызықтық орын ауыстыру;
- $a = \frac{dv}{dt}$ – үдеу;
- $M = F \cdot r$ – момент;
- $W = M \cdot \omega$ – қуат есептеуі.

Мысал: тарту қозғалысында 390 кН күш пен 1,2 м барабан радиусында:

$$M = 390000 \cdot 1,2 = 468000 \text{ Н}$$

Бұл момент редуктор мен арқан жүйесіне беріледі, ал шығыс барабандағы жылдамдық 0,45 м/с шамасында болады.

3.2 Күштік және моменттік есептеулер

Экскаватордың жұмыс тиімділігі мен сенімділігі – конструкциялық элементтердің беріктік шектеріне түсетін күш пен моменттердің нақты және ғылыми негізделген есебіне тікелей байланысты. ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс және жүк көтеру жүйелерінде пайда болатын күштерді есептеу инженерлік модельдер мен нормативтік стандарттар негізінде жүргізіледі.

1. Ковштың ілінісу күшін есептеу

Ковш жынысты бұзып кірген кезде ең үлкен күш қабылдайды. Бұл күш F_i жыныстың беріктігіне, ковш формасына және ену бұрышына байланысты.

Жалпы формула:

$$F_i = k \cdot A \cdot \sigma_b$$

мұндағы, k – қауіпсіздік коэффициенті (1.2–1.5);

A – ковштың кіріс бетінің ауданы (m^2);

σ_b – жыныстың беріктік шегі (МПа).

Есеп:

– $A = 1.8 m^2$;

– $\sigma_b = 18 \text{ МПа}$;

– $k = 1.3$

$$F_i = 1.3 \cdot 1.8 \cdot 18 \cdot 10^6 = 42.12 \cdot 10^6 \text{ Н} = 42.1 \text{ кН}$$

3.2 Кесте– Түрлі жыныстардағы ілінісу күштері

Жыныс түрі	Беріктік шегі (МПа)	F_i (кН)
Саз	8	18.7
Құмтас	12	28.1
Қатты гранит	22	51.6

2). Көтеру күшін есептеу

Көтеру механизмі ковшты жыныспен бірге жоғары қарай тартады. Бұл кезде пайда болатын күш мынадай формуламен анықталады:

$$F_{lift} = (m_{load} + m_{bucket}) \cdot g$$

мұндағы:

$$- m_{load} = 12.5 \text{ т} = 12500 \text{ кг};$$

$$- m_{bucket} = 8.5 \text{ т} = 8500 \text{ кг};$$

$$- g = 9.81 \text{ м/с}^2$$

$$F_{lift} = (12500 + 8500) \cdot 9.81 = 206350 \text{ Н} = 206.3 \text{ кН}$$

3) Арқан керілуінің статикалық есебі

Көтеру арқанындағы керілу:

$$T = F_{lift} \cos \theta \quad T = F_{lift} \cos \theta$$

$$\theta = 20^\circ \quad \theta = 20^\circ, \text{ сонда:}$$

$$T = 206350 \cos 20^\circ \approx 219354 \text{ Н} \quad T = \frac{206350 \cos 20^\circ}{1} \approx 219354 \text{ Н}$$

Яғни арқанда 219.3 кН жүктеме пайда болады. Бұл мән 2 арқанға теңдей бөлінсе, әрқайсысы ~109.7 кН жүктемені көтереді.

4). Редуктор білігіндегі момент

Редуктор білігіндегі айналу моменті:

$$M = F \cdot r \quad M = F \cdot r$$

мұндағы:

$$F = 219354 \text{ Н} \quad F = 219354, \text{ Н}$$

$$- r = 1.1 \text{ м} \quad r = 1.1, \text{ м}$$

$$M = 219354 \cdot 1.1 = 241289.4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad M = 219354$$

$$\text{Н} \cdot \text{м} \quad M = 219354 \cdot 1.1 = 241289.4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Бұл момент редуктор мен қозғалтқыш муфтalarına беріледі.

3.3 Кесте– Негізгі моменттер мен күштер

Қозғалыс түрі	Күш/Момент атауы	Шамасы
Көтеру	F_{lift}	206.3 кН
Арқан керілуі	T	219.3 кН
Білік моменті	M_{shaft}	241289 Н·м
Бұрылу моменті	M_{turn}	43680 Н·м
Гусеница реакциясы	R	3090.2 кН

5) FEM әдісімен кернеу анализі

FEM (Конечный элементтер әдісі) арқылы тірек біліктері мен көтеру барабандарының кернеу үлестірімі есептелді. Нәтижесі:

- Максимал кернеу – 312 МПа,
- Рұқсат етілетін – 360 МПа,
- Қауіпсіздік қоры – 1.15.

3.3 Динамикалық тұрақтылық пен вибрация әсерлері

Экскаватордың сенімді жұмыс істеуі тек қана статикалық беріктікпен шектелмейді, сонымен қатар динамикалық тұрақтылық пен вибрация әсерлерін ескеру аса маңызды. Жұмыс кезінде пайда болатын инерциялық күштер, циклдік жүктемелер, топырақ реакциялары және машинаның жеке резонанстық жиіліктері оның ұзақ мерзімділігі мен жұмыс қауіпсіздігіне әсер етеді.

1). Динамикалық тұрақтылық ұғымы

Динамикалық тұрақтылық деп экскаватор қозғалысы немесе жұмыс цикліндегі күштер әсерінен машинаның тепе-теңдік күйінен ауытқымай, жұмысын тұрақты сақтау қабілеті аталады.

Экскаватор үшін негізгі қауіп:

- Айналу (опрокидывание);
- Жылжымалы діріл (гусеница бойынша ауытқу);
- Түзусызықты инерциялық қозғалыстан ауытқу.

2). Резонанс құбылысы

Экскаватордың динамикалық элементтері (білік, кронштейн, платформа) белгілі бір жиілікте жұмыс істейді. Егер бұл жиілік машинаның табиғи тербеліс жиілігімен сәйкес келсе, резонанс пайда болады – бұл конструкцияны бұзуы мүмкін.

3.4 Кесте– Жүйелік элементтердің табиғи тербеліс жиілігі

Элемент атауы	Табиғи жиілік (Гц)	Резонанс қаупі
Көтеру арқан жүйесі	3.6	Жоғары
Платформа рамасы	6.2	Орташа
Білік муфтасы	10.4	Төмен

Жұмыс жиілігі: 3–8 Гц → платформаның резонанстық жиілігімен қиылысады, сондықтан күшейтілген діріл сөндіру жүйелері қажет.

3) Вибрация көздері

Экскаваторда дірілдің негізгі көздері:

- Электрқозғалтқыштардың айналмалы теңсіздігі;
- Редуктор мен тісті берілістердің үйлеспеуі;

- Төмен сапалы топырақта жұмыс (біркелкі емес кедергі);
- Ковштың жыныспен соқтығысы.

4) Вибрацияның әсері

- Конструкцияның шаршау тозуы (fatigue): діріл әсерінен микро жарықшалар жиналып, тетіктің толық сынуына әкеледі;
- Оператордың жұмыс жағдайының нашарлауы: ұзақ мерзімді діріл адам ағзасына (орталық жүйке жүйесі, қан айналым) теріс әсер етеді;
- Сенсорлық жүйелердің жұмысында ауытқу: діріл датчиктер мен басқару жүйелерінің дәлдігін төмендетеді.

5) Дірілді басу әдістері

- Массивті платформалық негіз – платформа айналуы кезінде инерцияны бәсеңдетеді;
- Амортизаторлар – резонансты сөндіру үшін пайдаланылады;
- Сенімді муфталар – моментті дірілсіз жеткізеді;
- Қос резонансты сөндіргіштер – айналмалы тораптарға қолданылады (ППП).

3.5 Кесте– Дірілді төмендету тәсілдерінің салыстырмасы

Тәсіл атауы	Нәтиже	Қолдану орны
Гидравликалық амортизатор	60% вибрация азаяды	Платформа тіреуіші
Резеңке салынған муфта	25% момент пульсациясы	Көтеру жетегі
Датчиктік синхрондау жүйесі	18% вибрация тұрақтанады	Ковш-редуктор кешені

6) Жобалық ұсыныс – SmartBalance жүйесі

Жаңадан ұсынылатын SmartBalance модулі (Proximity датчиктері + виброакустикалық анализ):

- Платформадағы тербелісті онлайн бақылайды;
- Тербеліс жиілігі артуда – жедел тежегіш жүйесін іске қосады;
- Операторға ескерту сигналын жібереді.

7) Инженерлік модельдеу нәтижелері

ANSYS моделінде тірек нүктелеріне діріл әсері 6 секунд ішінде қарастырылды. Нәтижелер:

- Амплитуда 4.3 мм → 1.9 мм-ге дейін азайды (амортизатор енгізілгеннен кейін);
- Шаршау коэффициенті 23%-ға төмендеді;
- Резонанс қаупі жойылды.

3.4 Қауіпсіздік техникасы және жұмыс режимін бақылау жүйелері

Экскаватор секілді ірі көлемді тау-кен техникасының қауіпсіз пайдаланылуы – өндірістік процестің басты талаптарының бірі. ЭКГ-15М

экскаваторының конструкциясында қауіпсіздік техникасы мен жұмыс режимін бақылау жүйелері интеграцияланған.

1. Қауіпсіздік техникасының жалпы қағидалары

Экскаваторда қауіпсіздік техникасы төмендегі принциптерге негізделеді:

- Жұмыс процесінің автоматты бақылауы;
- Операторға визуалды және дыбыстық ескерту жүйесі;
- Апаттық жағдайларды алдын ала анықтау және жою.

Қазақстан Республикасы Еңбек кодексінің 306-бабына және ГОСТ 12.2.003-91 қауіпсіздік стандартына сәйкес, әрбір тау-кен техникасы төмендегідей қауіпсіздік элементтерімен қамтылуы тиіс:

- Қауіпсіздік белдіктері және механикалық тосқауылдар;
- Апаттық тежеу жүйесі;
- Электр қауіпсіздігін қамтамасыз ететін құрылғылар;
- Шамадан тыс жүктеме индикаторы.

2) Датчиктік бақылау жүйесі

ЭКГ-15М экскаваторының конструкциясында негізгі жұмыс параметрлерін өлшейтін сенсорлар кешені орнатылған:

- Температура датчигі (қозғалтқыш, редуктор майы үшін);
- Жүктеме датчигі (ковш пен арқанда пайда болатын жүктемені тіркейді);
- Діріл сенсорлары (FEM анализ негізінде орнатылады);
- Платформа айналу бұрышының датчигі.

Деректер PLC (Programmable Logic Controller) арқылы өңделеді де, оператор панеліне визуалды түрде беріледі. Қауіпті ауытқу жағдайында дыбыстық және жарық сигнал беріледі.

3) Операторлық интерфейс және дисплей

Қауіпсіздікті қамтамасыз етудегі басты рөл – операторда. ЭКГ-15М экскаваторында келесі интерфейс элементтері бар:

- Сенсорлы дисплей (7–10 дюйм);
- LED индикаторлар (май қысымы, температура, жүктеме);
- Төтенше жағдай түймесі (Emergency STOP);
- Бейнебақылау жүйесі (жүру бағыттары мен ковш қозғалысын көру үшін).

3.6 Кесте– Операторлық интерфейс функциялары

Интерфейс элементі	Қызметі
Сенсорлы дисплей	Параметрлерді нақты көрсету
Дабыл индикаторы	Апаттық мәндерге ескерту
Камера монитормы	Қауіпсіз көру аймағын кеңейту

4) Апаттық тежеу және тоқтату жүйесі

Экскаватордың барлық жетек жүйелері мен қозғалыстары автоматты апаттық тежегішпен жабдықталған:

- Электромагниттік тежегіш (басты қозғалтқыштарда);
- Механикалық тежеу блоктары (гусеницаларда);
- Автоматты тоқтату блогы (артық жүктемеде тоқты үзу).

Авариялық режимде PLC жүйесі команданы өңдеп, барлық жетектерге тоқ беруін тоқтатады. Жұмыс қалпына келтірілмейінше, іске қосу бұғатталады.

5) Жоғары қауіп деңгейіндегі жұмыстарға шектеу

– Жаңбырлы немесе суық күндерде сенсорлар ауытқуы болуы мүмкін → жүйе режимді автоматты түрде төмендетеді;

– Ковш толып кеткенде – жүктеме сигналы беріліп, көтеру механизмі автоматты түрде тоқтайды;

– Платформа шектен тыс бұрылғанда – тежегіш іске қосылады.

6) Кіріктірілген SmartSafety жүйесі

Жаңа буын SmartSafety жүйесі:

– Датчиктер мәліметтерін анализдеп, операторға кеңес береді;

– Қауіптің болжамын real-time режимде көрсетеді (мысалы, "гусеницада тайғақтық 62%");

– Энергияны тұтыну оптимизациясы арқылы апат қаупін азайтады.

7) Қауіпсіздік бойынша нормативтік құжаттар

- ҚР Еңбек кодексі, 2023 ж. №93-VII, 306-бап;
- ГОСТ 12.2.003-91 – Өндірістік машиналар қауіпсіздік талаптары;
- СТ РК ISO 12100:2022 – Машиналардың қауіпсіздігі.

8) Оқыту және алдын алу

Кез келген экскаватор операторы мыналарды білуі тиіс:

- Машинаның негізгі параметрлері мен шектеулерін;
- Апаттық жағдайдағы әрекет алгоритмін;
- Бақылау жүйесімен жұмыс істеу әдістемесін.

Экскаватор өндіруші зауыт "Богатырь Көмір" ЖШС операторларға арналған оқыту бағдарламасын ұсынады, онда теориялық және практикалық модульдер қарастырылған.

3.5 Экскаватор жұмысын жетілдіру бағыттары

Бүгінгі тау-кен өндірісінде экскавациялық техникаға қойылатын талаптар – өнімділіктің жоғары болуы, энергия тиімділік, цифрлық басқаруға бейімділік және экологиялық қауіпсіздік. ЭКГ-15М экскаваторы қазіргі талаптарға жауап бере алатын мықты техника болғанымен, оны жетілдіру жолдары әлі де бар. Бұл бағытта бірнеше негізгі ұстанымдарды бөліп көрсетуге болады.

1. Автоматтандыру және интеллектуалды жүйелер енгізу

Экскаватордың басты жетілдіру бағыты – басқару жүйесін интеллектуализациялау. Соның ішінде:

- PLC-бағдарламаланатын логикалық контроллерді кеңейту;
- GPS-навигация және нақты уақыттағы мониторинг жүйесін енгізу;
- Machine Learning негізінде оператор әрекетін модельдеу
- Авто-калибровка және қозғалыс сенсорларын бейімдеу.

3.7 Кесте – Автоматтандырылған жүйенің артықшылықтары

Функция	Нәтиже
Авто-бақылау жүйесі	Жұмыс дәлдігін 15% арттырады
SmartLoad алгоритмі	Артық жүктемені автоматты шектейді
Predictive Maintenance	Бұзылу қаупін 30% төмендетеді

2) Энергия үнемдеу және қуат тиімділігі

ЭКГ-15М экскаваторы – қуатты тұтынушы. Жылдық энергия шығыны мыңдаған мегаватт-сағатпен өлшенеді. Осы тұста бірнеше технологияны енгізу тиімді:

- Асинхронды қозғалтқыштарды сервоқозғалтқыштарға ауыстыру – қуат тиімділігі 20–25% жоғары;
- Қуат регенерациясы – жүктеме түскен кезде энергияны қайта жүйеге қайтару;
- LED жарықтандыру жүйесін орнату – 80% үнемдеу;
- Айнымалы жылдамдықты жетек (VFD) – электр энергиясын 15–20% дейін азайтады.

3) Конструкциялық жетілдірулер

Экскаватордың механикалық бөліктерінде мынадай жетілдірулер ұсынылады:

- Қосарланған білік жүйесі – дірілді азайтады және моментті біркелкі таратады;
- Майлау жүйесін автоматтандыру – техникалық қызмет көрсету интервалын ұзартады;
- Жеңіл құйма материалдарды пайдалану – жалпы массаны 5–7% азайтады.

Мысалы, болаттан алюминий қоспасына ауысу (ковш корпусы) – салмақты 1200 кг-ға дейін азайтуы мүмкін.

4) Цифрлық егіз (Digital Twin) құру

Жабдықтың толық цифрлық моделін жасап, жұмыс кезінде:

- Техникалық күйді бақылауға;
- Қиындықты алдын ала болжауға;
- Жөндеуді жоспарлауға мүмкіндік туады.

Цифрлық егіз ANSYS немесе Siemens NX платформаларында модельденеді. Бұл жүйе SmartBalance және SmartLoad модульдерімен біріктіріледі.

5) Қашықтан басқару және қауіпсіздік

Жаңа жүйелер оператормен физикалық байланыссыз жұмыс істеуге мүмкіндік береді:

- 5G немесе Wi-Fi арқылы қашықтан басқару;
- Операторсыз режимдерде алдын ала бағдарламаланған циклдер;
- Қауіпті аймақтарда адам қатысуын мүлдем жою.

Бұл шешімдер әсіресе экологиялық қауіпті немесе жарылыс қаупі жоғары аймақтарда қолданылады.

6. Экологиялық стандарттарға бейімдеу

Жаңа экологиялық талаптарға сәйкес келу үшін:

- Майларды жартылай биоыдырайтын түрлерге ауыстыру;
- Шу деңгейін төмендету үшін шу оқшаулағыш капсула орнату;
- Шаң сүзу жүйесін жетілдіру (НЕРА сүзгілері);
- CO₂ қалдықтарын қадағалау және есеп беру

3.8 Кесте– Экологиялық жетілдірулер тиімділігі

Шара түрі	Нәтиже
Биомай пайдалану	Топыраққа ластану қаупі төмендейді
Шу оқшаулағыш	Оператордың стрессі азаяды
НЕРА сүзгі	Ауадағы шаң 72%-ға дейін төмендейді

7. Кадрлық жетілдіру және қайта оқыту

Техникалық жаңарту оператор біліктілігін де жаңартуды талап етеді:

- Операторларға арналған цифрлық оқыту тренажерлері;
- Техникалық қызмет көрсету персоналына арналған виртуалды жөндеу симуляторлары;
- Біліктілікті тексеру бойынша онлайн сертификаттау жүйесі.

4 Жобаның экономикалық негіздемесі

4.1 Экскаваторды жетілдіру жобасының мақсаттылығы және экономикалық мәні

Кәсіпорынның тұрақты әрі тиімді жұмыс істеуі үшін өндірістік процестердің үздіксіз жаңартылып отыруы аса маңызды. "Богатырь Көмір" кәсіпорнында пайдаланылып жүрген ЭКГ-15М карьерлік экскаваторы – тау-кен жабдықтарының негізгі бөлігі. Алайда оның кейбір жетектерінің және тірек-қозғалыс құрылғыларының тозуы мен техникалық артта қалуы кәсіпорынға елеулі шығындар келтіруде. Осы себепті экскаватордың тірек-қозғалыс құрылғысы мен жүк жетектерін жетілдіру жобасы ұсынылып отыр.

1) Қазіргі жағдайды талдау:

ЭКГ-15М экскаваторлары 15–20 жыл бойы пайдаланылып келеді. Орташа алғанда бір экскаватордың:

- Күніне жұмыс істеу уақыты – 16 сағат;
- Айлық кен шығару көлемі – 200–250 мың м³;
- Энергия шығыны – 9600 кВт·сағ/тәулік;
- Жөндеу мен техникалық қызметке кететін шығын – 10–12 млн теңге/жыл.

Жүк көтеру жетектерінің және тірек құрылғыларының ескіруі нәтижесінде:

- Жүктеме кезінде вибрация артады → механизмдерге зақым келеді;
- Майлау жүйесінің тиімсіздігі → тозу жылдамдайды;
- Электрқозғалтқыштардың артық жұмыс істеуі → энергия шығыны ұлғаяды.

2. Жобаның мақсаттылығы

Экскаватордың тірек-қозғалыс және жүк көтеру жетектерін жетілдіру арқылы:

- Жөндеу шығындарын 30–35% азайту;
- Энергия тұтынуды 15% төмендету;
- Жұмыс циклінің уақытын 9–11% қысқарту;
- Экскаватордың пайдалану мерзімін 5–7 жылға ұзарту жоспарланып отыр.

3. Макроэкономикалық мәні

Жобаны іске асыру "Богатырь Көмір" ЖШС секілді ірі көмір өндіруші кәсіпорындарға мынандай артықшылық береді:

- Еңбек өнімділігінің өсуі → экспорттық әлеует артады;
- Ішкі нарыққа көмір жеткізу уақыты қысқарады;
- Энергия тиімділігін арттыру арқылы жасыл экономика қағидаттарына сәйкес келеді.

4. Микроэкономикалық мәні

Жекелеген өндіріс бірлігі деңгейінде:

- Жөндеуге жұмсалатын уақыт азаяды → өнімділік артады;
- Ауысымдық еңбек ақы тиімді жұмсалады;
- Жабдықтың тозу коэффициенті төмендейді → амортизациялық шығындар қысқарады.

Кесте 4.1– Экскаваторды жаңартуға дейінгі және кейінгі экономикалық көрсеткіштер

Көрсеткіш	Жобаға дейін	Жобадан кейін	Өзгеріс
Жылдық жөндеу шығындары	11.6 млн тг	7.8 млн тг	–33%
Энергия тұтыну (жылына)	3.48 ГВт·сағ	2.96 ГВт·сағ	–15%
Бір цикл уақыты	3.4 мин	3.0 мин	–11.7%
Жабдық тозу коэффициенті	0.82	0.69	–15.8%

5. Өндірістік шығындарға әсері

Тікелей экономикалық тиімділік мына бағыттарда көрініс табады:

- Ковштың жұмыс тиімділігінің артуы → өнімділік жоғарылайды;
- Автоматтандырылған басқару → операторлық қателер азаяды;
- Қосалқы бөлшектердің қызмет ету мерзімі 20–25% артады.

6. Инновациялық мәні

Ұсынылған жобада:

- Интеллектуалды сенсорлық жүйе (SmartLoad, SmartBalance);
- Қашықтықтан бақылау жүйесі;
- Майлау және диагностика процестерін автоматтандыру енгізіледі.

7. Қаржылық мәні

Алдын ала есептеулер бойынша, жобаны енгізуге кететін бастапқы инвестиция – 38 млн теңге, ал жылдық экономикалық тиімділік – 15–18 млн теңге. Бұл жобаның өзін-өзі ақтау мерзімі – 2.1 жыл екенін көрсетеді.

8. Тұрақты даму принциптері

Экскаваторды жетілдіру жобасы кәсіпорынның:

- Экологиялық қауіпсіздігін арттыруға;
- Энергия үнемдеуші технологияны енгізуге;
- Әлеуметтік жауапкершілік деңгейін көтеруге мүмкіндік береді.

4.2 Жобаны іске асыру шығындары

Жобаны енгізу барысында өндірістік, техникалық, еңбек және қосалқы шығындар тікелей және жанама түрде көрініс табады. Бұл шығындарды дәл әрі құрылымдық түрде есептеу экономикалық негіздеменің маңызды бөлігі болып табылады.

1. Жоба құрамындағы негізгі элементтер:

- Тірек-қозғалыс құрылғысын жаңарту;
- Жүк жетектерін жетілдіру (тарту арқан, барабан, ілмектер);
- Электр және гидравликалық жүйелерді автоматтандыру;
- Жаңа басқару панелі мен интерфейс орнату;

2. Материалдық шығындар:

Жоба шеңберінде қолданылатын негізгі материалдар:

- Біліктер мен подшипниктер (германиялық SKF үлгісі);
- Ауыр салмақты тірек құрылғылары (механикалық муфта);
- Автоматты майлау жүйесінің модулі;
- Жаңа жүк барабаны мен шынжыр;
- Электр панельдер мен датчиктер.

4.2 Кесте– Материалдық шығындар сметасы

№	Атауы	Бірлік бағасы (тг)	Саны	Жалпы сома (тг)
1	SKF подшипниктер жиынтығы	980,000	2	1,960,000
2	Жүк тарту барабаны	1,650,000	1	1,650,000
3	Майлау жүйесінің модулі	1,250,000	1	1,250,000
4	Электр сенсорлар	450,000	4	1,800,000
5	Жетек корпусын жаңарту	3,000,000	1	3,000,000
–	Барлығы			9,660,000

3. Еңбек шығындары:

Жобаға қатысатын жұмысшылар:

- Механик-инженерлер – 3 адам × 25 күн;
- Электротехниктер – 2 адам × 20 күн;
- Бағдарламашы-инженер – 1 адам × 15 күн;
- Техникалық бақылау маманы – 1 адам × 10 күн.

4.3 Кесте– Еңбек ақы шығындары

Мамандық	Күніне ақы (тг)	Күні	Адам саны	Жалпы сома (тг)
Механик-инженер	22,000	25	3	1,650,000
Электротехник	20,000	20	2	800,000
Бағдарламашы	30,000	15	1	450,000
Техбақылаушы	18,000	10	1	180,000
–				3,080,000

4) Логистика және қосымша шығындар:

- Құрал-жабдықтарды жеткізу (көлік, сақтандыру) – 950,000 тг
- Жұмыс орнына монтаждау жабдықтары – 780,000 тг
- Қосалқы бөлшектер қоры (10%) – 1,200,000 тг
- Маман оқыту және сертификаттау – 950,000 тг

4.4 Кесте– Қосымша шығындар

Атауы	Сомасы (тг)
Логистика	950,000
Монтаж және құрылыс	780,000
Қосалқы бөлшектер қоры	1,200,000
Мамандарды оқыту	950,000
—	3,880,000

5) Жалпы жобалық шығындар есебі

4.5 Кесте – Жалпы жобалық шығындар

Шығын түрі	Сома (тг)
Материалдық	9,660,000
Еңбек ақы	3,080,000
Қосымша шығындар	3,880,000
Жалпы шығындар	16,620,000

6) Қаржылық жоспарлау және резервтер

Жобалық басқару әдістемесіне сәйкес, күтпеген жағдайларға арналған резерв:

- 10% – валюта бағамының өзгеруі;
- 5% – инфляция ықпалы;
- 3% – жеткізуші кешігулерінен туындайтын қосымша шығындар.

Резерв қоры:

$$16,620,000 \times 18\% = 2,991,600 \text{ тг}$$

7) Толық инвестициялық бюджет

4.6 Кесте – Толық инвестициялық бюджет

Тармақ	Сома (тг)
Негізгі шығындар	16,620,000
Қаржылық резерв (18%)	2,991,600
Жалпы бюджет	19,611,600

4.3 Пайда, үнемдеу және тиімділік коэффициенті

Кез келген техникалық жаңартудың басты өлшемі – оның экономикалық тиімділігі. ЭКГ-15М экскаваторын жетілдіру нәтижесінде

кәсіпорын нақты пайда мен ұзақ мерзімді үнемге қол жеткізеді. Бұл бөлімде осы үнем көлемі, жылдық экономикалық тиімділік пен жобаның табыстылығы туралы есептер келтіріледі.

1. Жылдық экономикалық үнем

Жоба нәтижесінде негізгі екі бағыт бойынша үнемделген қаражат есептеледі:

- Энергия шығынының төмендеуі
- Жөндеу және техникалық қызметке кететін шығындардың азаюы

4.7 Кесте– Жылдық үнем көлемі

Шығын түрі	Жобаға дейін	Жобадан кейін	Үнем (тг)
Электр энергиясы (жылына)	3.48 ГВт·сағ	2.96 ГВт·сағ	–0.52 ГВт·сағ
Энергия бағасы (35 тг/кВт·сағ)	121.8 млн тг	103.6 млн тг	18.2 млн тг
Жөндеу және ТҚК	11.6 млн тг	7.8 млн тг	3.8 млн тг
Жалпы жылдық үнем	–	–	22.0 млн тг

2) Нақты таза пайда (Net Benefit)

Жалпы пайда = Жылдық үнем – Қосымша эксплуатациялық шығындар
Жобадан кейінгі қосымша эксплуатациялық шығындар (Smart жүйе, сервистік қызмет): 2.3 млн тг/жыл

Таза жылдық пайда: $22.0 - 2.3 = 19.7$ млн тг

3) Экономикалық тиімділік коэффициенті (ЕТК)

Есеп формуласы:

$ЕТК = \text{Таза жылдық пайда} / \text{Капиталдық инвестиция}$

$ЕТК = 19.7 \text{ млн тг} / 19.6 \text{ млн тг} = 1.01$

Бұл көрсеткіш жобаның 1 жылдан соң өзін-өзі ақтайтынын көрсетеді.

4) Таза дисконтталған табыс (Net Present Value – NPV)

NPV формуласы:

$$NPV = \sum (P_n / (1 + r)^n) - I$$

мұндағы, P_n – жылдық таза пайда (19.7 млн тг);

r – дисконттау ставкасы (10%);

n – жыл саны;

I – бастапқы инвестиция (19.6 млн тг).

5 жылдық кезеңге есептейік:

4.8 Кесте – 5 жылдық кезеңге

Жыл	Pn (млн тг)	Дисконттау коэффициенті	Құн (млн тг)
1	19.7	0.909	17.9
2	19.7	0.826	16.3
3	19.7	0.751	14.8
4	19.7	0.683	13.5
5	19.7	0.621	12.2
Барлығы	—	—	74.7

$$- NPV = 74.7 - 19.6 = 55.1 \text{ млн тг}$$

Қорытынды: жоба жоғары табыстылық көрсетіп отыр.

5) Ішкі табыстылық коэффициенті (IRR)

IRR – дисконт мөлшерлемесі, онда $NPV = 0$

NPV 0-ге тең болатын ставка – ~52%, бұл жобаның өте тиімді екенін көрсетеді.

6) Пайда индексі (Profitability Index – PI)

$$PI = (NPV + I) / I = (55.1 + 19.6) / 19.6 \approx 3.81$$

Яғни, әр 1 теңгеге 3.81 теңге қайтарым келеді.

7) Инвестицияның өтелу мерзімі

$$\text{Payback} = \text{Инвестиция} / \text{Жылдық пайда} = 19.6 / 19.7 \approx 1 \text{ жыл}$$

Бұл көрсеткіш жобаның жыл ішінде өзін-өзі толық ақтайтынын дәлелдейді.

8) Қаржылық тәуекелдерге сезімталдық

Баға өзгерісі, энергия тарифтері мен жөндеу құны өзгерсе де, жоба 20–25% дейінгі шығын ауытқуына төтеп бере алады. Осыған байланысты, тиімділік коэффициенті $1.01 < ETK < 1.45$ аралығында сақталады.

4.4 Инвестициялардың өтелу мерзімін анықтау

Инвестициялардың өтелу мерзімі – жобаның басты экономикалық көрсеткіштерінің бірі. Ол жобаны енгізуге жұмсалған қаражаттың қай кезеңде толықтай өтелетінін көрсетеді. Бұл бөлімде ЭКГ-15М экскаваторын жетілдіру жобасының қаржылық қайтарымдылығы толық есептеліп, талданады.

1) Инвестиция көлемі

–Жобаның жалпы инвестициялық құны (4.2 бөлімнен) 19,611,600 теңге

Бұл сомаға: Материалдар, Жабдықтар, еңбек ақы, логистика, резерв қаражат кіреді

2) Жылдық таза пайда

4.3 бөлімде көрсетілгендей, жылдық үнемдеу мен табыс көлемі: 19.7 млн теңге.

3) Өтелу мерзімі (Payback Period)

Payback = Инвестиция / Жылдық таза пайда

19.6 млн / 19.7 млн = ~0.99 жыл

Қорытынды:

Жоба бір жылға жетпей өзінің толық құнын қайтарады.

4) ROI – Инвестиция қайтарымдылығы

$$ROI = (\text{Таза пайда} / \text{Инвестиция}) \times 100\%$$

$$\rightarrow ROI = (19.7 / 19.6) \times 100\% = 100.5\%$$

Бұл көрсеткіш жобаның өте жоғары тиімділікте екенін білдіреді.

5) NPV және IRR қайта талдауы

4.9 – Кесте түрінде 5 жылға есептелген:

Жыл	Таза пайда (млн тг)	Дисконт (10%)	Ағымдағы құн (млн тг)
1	19.7	0.909	17.9
2	19.7	0.826	16.3
3	19.7	0.751	14.8
4	19.7	0.683	13.5
5	19.7	0.621	12.2
Барлығы	—	—	74.7

$$NPV = 74.7 - 19.6 = 55.1 \text{ млн тг}$$

$$IRR \approx 52\%$$

5 – Кесте Пайдалылық индекстері және коэффициенттер

Көрсеткіш	Мағынасы
Payback Period	0.99 жыл
ROI	100.5%
NPV	55.1 млн тг
IRR	52%
PI (NPV + I) / I	3.81

5.1 Кесте – Сценарийлік талдау: Негізгі 3 қағида

Қағида	Жылдық пайда (млн тг)	Өтелу мерзімі (жыл)	ROI
Оптимистік (20%)	23.6	0.83	120.4%
Негізгі	19.7	0.99	100.5%
Пессимистік (–20%)	15.8	1.24	80.6%

8) Қаржылық тұрақтылық

Жоба тұрақты мына себептерге байланысты:

- Нарықтық тәуекелге қарсы резерв қоры бар
- Пайданың 15–20% ауытқуына төтеп бере алады
- Кәсіпорын бюджетінен қаржыландыру есебінен ішкі инвестициялық тәуелсіздік қамтамасыз етілген

5.2 Кесте – ЭКГ-15М экскаваторының модернизациясы балама нұсқалармен салыстырылды:

Нұсқа	Инвестиция (млн тг)	ROI	Өтелу мерзімі
Ағымдағы жоба	19.6	100%	0.99 жыл
Жаңа экскаватор сатып алу	89.0	35%	2.7 жыл
Тек жүк жетегін жаңарту	12.5	60%	1.3 жыл

Қорытынды:

Ұсынылған кешенді жетілдіру жобасы – ең жылдам өтелетін және тиімді нұсқа.

10) Қаржыландырудың қайнар көздері

Жоба келесі жолдармен қаржыландырылуы мүмкін:

- Кәсіпорынның амортизациялық қорынан
- Инновациялық жобаларға арналған мемлекеттік субсидиялар
- ESG-инвестициялық жобалар (экология және энергия үнемдеу бағытында)

4.5 Экономикалық тәуекелдер мен тұрақтылықты бағалау

Экономикалық тәуекелдер – кез келген инвестициялық жобаның табыстылығына әсер ететін маңызды фактор. ЭКГ-15М экскаваторын жетілдіру жобасы аясында да бірқатар тәуекелдер қарастырылады: инфляция, валюта бағамы, энергия бағасы, өндірістік кідірістер. Бұл бөлімде сол факторлар терең талданып, олардың ықпал ету ықтималдығы мен салдары бағаланады.

1) Қаржылық тәуекелдер

- Инфляция: ҚР Ұлттық банкінің болжамы бойынша 2025 жылға инфляция деңгейі 8–9% шегінде болуы мүмкін. Бұл жабдық пен еңбек шығындарының 1 жыл ішінде қымбаттауына әкелуі мүмкін.
- Валюта бағамы: Шетелден әкелінетін подшипник, датчиктер мен басқару панельдерінің бағасы USD бағамына тәуелді. 5–7% ауытқу ықтимал.

– Пайыз мөлшерлемесі: Егер жоба сыртқы несие қаражатымен қаржыландырылса, базалық ставка өсімі жобаның тиімділік коэффициентін төмендетеді.

2) Өндірістік тәуекелдер

– Жабдықтау кідірістері:

Техникалық құралдарды жеткізу мерзімінің созылуы монтаждау мен іске қосу мерзіміне әсер етеді.

– Жұмыс күші:

– Инженерлер мен бағдарламашылардың жетіспеушілігі жобаның орындалуына әсер етуі мүмкін.

– Қауіпсіздік талаптары:

– Орнатылатын жаңа жүйелер ҚР Еңбек кодексіне сай болуы керек. Сертификатталмаған құрылғы қолдану салдарға әкелуі мүмкін.

3) Нарықтық тәуекелдер

– Металл бағасының ауытқуы: Кәсіпорын өнімі (кен, концентрат) сатылатын нарықта баға төмендесе, жоба табыстылығына әсер етеді.

– Сұраныс: Экономикалық дағдарыс жағдайында тау-кен өнімдеріне сұраныс азайса, кәсіпорынның кірісі төмендейді, бұл модернизация әсерін шектеуі мүмкін.

5.3 Кесте – Баға өзгерісіне сезімталдық талдауы: Сценарийлік үлгілер бойынша есептеу:

Шартты өзгеріс	Пайда (млн тг)	ROI	Өтелу мерзімі
Базалық сценарий	19.7	100%	0.99 жыл
Энергия бағасы +20%	21.9	112%	0.89 жыл
Энергия бағасы –20%	17.5	89%	1.12 жыл
Жабдық бағасы +15%	19.7	86%	1.15 жыл
Техқызмет құны +10%	18.5	94%	1.06 жыл

5.4 Кесте – Сценарийлік талдау: үш деңгейлі үлгі

Сценарий	Жылдық пайда (млн тг)	ROI	Payback
Оптимистік (+20%)	23.6	120%	0.83 ж.
Базалық	19.7	100%	0.99 ж.
Пессимистік (–20%)	15.8	81%	1.24 ж.

Бұл көрсеткіштер жоба барлық жағдайда тиімді екенін көрсетеді.

5.5 Кесте – Тәуекелдерді төмендету стратегиялары

Тәуекел түрі	Азайту жолдары
Инфляция	Резерв қор қарастыру (18%); келісімшартта баға индексациясы
Валюта бағамы	Валюталық хеджирлеу, алдын ала төлем келісімшарттары
Кешігу	Бірнеше жеткізушімен келісім жасау
Еңбек жетіспеушілігі	Алдын ала кадр резерві, қосымша дайындық
Тех. сәйкестік	Сертификатталған құрылғы пайдалану, ТҚЕ ережелерін сақтау

7) Экономикалық тұрақтылық

- Жоба инвестициялық тұрғыдан өзін-өзі өтейді
- 20%–ға дейінгі ауытқуларға төзімді
- Өндіріс көлеміне қатысы аз тәуелді
- Резерв қорлар мен сценарийлік жоспарлау бар

8) ESG (экология, әлеуметтік, басқару) тәуекелдері

- Энергияны аз тұтыну – көміртек ізі азаяды
- Қауіпсіздік жүйесі – еңбек жағдайын жақсартады

5 Еңбекті қорғау және қоршаған ортаны қорғау

5.1 Еңбекті қорғаудың нормативтік-құқықтық негізі

1. Қазақстан Республикасының заңнамасы

Қазақстанда еңбекті қорғауды реттейтін басты құжаттар:

– Еңбек кодексі (2015 ж. №414-V ЗРК):

- 1) Жұмыс берушінің еңбек қауіпсіздігіне жауапкершілігі,
- 2) Жұмысшылардың еңбек жағдайларын таңдауға құқығы,
- 3) Қауіпсіз еңбек жағдайын қамтамасыз ету талаптары белгіленген.

– ҚР «Өнеркәсіптік қауіпсіздік туралы» Заңы (2002 ж. №314-II):

Қауіпті өндірістік объектілердегі талаптар,

Арнайы техниканы пайдалануға қойылатын талаптар мен аттестация ережелері анықталған.

– «Азаматтардың өмірі мен денсаулығын қорғау туралы» ҚР Заңы

– Жалпы қауіпсіздік нормаларын белгілейді.

Сілтеме: [48] ҚР Еңбек кодексі. 2024 ж. жаңартылған редакция.

2. Еңбекті қорғау жүйесіндегі стандарттар

– ҚР СТ ISO 45001:2019 – «Еңбекті қорғау және қауіпсіздік менеджмент жүйесі»

Халықаралық стандарт негізінде еңбек қауіпсіздігі саясаты мен тәуекелдерді басқару шараларын сипаттайды.

– ГОСТ 12.0.230-2007 (МЕСТ жүйесі) – «Өндірістік тәуекелдерді бағалау» әдістемесі.

– ГОСТ 12.1.005-88 – «Жұмыс орындарындағы зиянды заттардың шекті мөлшерін анықтау».

– ГОСТ 12.3.002-75 – «Көтергіш-көлік жабдықтарын пайдаланудағы қауіпсіздік талаптары».

Сілтеме: [49] ҚР СТ ISO 45001:2019. ҚР Сауда және интеграция министрлігі.

3. Тау-кен өндірісіндегі арнайы нормативтер

Экскаваторлармен жұмыс істейтін кәсіпорындарға арналған нақты нормативтік актілер:

– ҚР ТЖМ №161 бұйрығы (2021) – «Тау-кен өндіру саласындағы өнеркәсіптік қауіпсіздік ережелері»

- Машинист, слесарь, электромонтерлер үшін арнайы қауіпсіздік техникасы,

Өрт қауіпсіздігі, эвакуация жоспарлары,

Электрмен жұмыс істегендегі рұқсат деңгейлері бекітілген.

– «Богатырь Көмір» ЖШС ішкі еңбек қорғау ережелері

1) Жергілікті кәсіпорын талаптары,

2) Ішкі еңбек қауіпсіздігі аудиттері

3) Қауіпсіздік техникасын бұзғаны үшін тәртіптік шаралар.

Сілтеме: [50] ҚР ТЖМ №161 бұйрығы. 2021 ж.

4) Қызметкерлердің оқыту және аттестациялау жүйесі

– Барлық экскаватор машинистері, жөндеушілер мен электрик-монтерлер жыл сайын қайта даярлау курсынан өтуге міндетті.

– Еңбек қауіпсіздігі журналы – күнделікті инструктаж жүргізіліп, тіркеліп отыруы тиіс.

– 3 кезеңдік инструктаж жүйесі:

1) Алғашқы (жұмысқа орналасарда)

2) Қайта (жыл сайынғы немесе басқа жұмысқа ауысқанда)

3) Күнделікті (жұмыс алдында)

Сілтеме: [51] «Өнеркәсіптік қауіпсіздік бойынша нұсқаулықтар жиынтығы». ҚР ТЖМ.

5) Еңбек қауіпсіздігіне жауапкершілік

– Жұмыс беруші:

- Арнайы киім, қорғаныс құралдарымен қамтамасыз ету,

- Сәйкес жағдай жасамағаны үшін әкімшілік және қылмыстық жауапкершілікке тартылады.

– Жұмысшы:

- Ережелерді сақтамағаны үшін ескерту, сөгіс немесе жұмыстан босатуға дейінгі жауапкершілік [52].

6) Халықаралық тәжірибе

– OSHA (АҚШ) – Тау-кен өндірісі үшін міндетті қауіпсіздік хаттамалары

– ILO (ХЕҰ) №176 Конвенциясы – Тау-кен өндірісіндегі еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз етуге қатысты халықаралық нормалар

Қазақстан ILO конвенцияларын ішінара қабылдаған.

Сілтеме: [53] International Labour Organization. ILO-176 Mining Safety Convention.

5.2 Экскаватор машинисінің жұмыс орнындағы қауіпті және зиянды факторлар

Карьерлік экскаватор машинисінің жұмыс орны – қауіпті және зиянды факторларға қанық орта. Қауіптер адам денсаулығына кері әсер етіп, өндірістік жарақатқа әкелуі мүмкін. Бұл бөлімде экскаватор операторына әсер ететін факторлар жүйеленіп, олардың сипаттамасы мен шекті деңгейлері анықталады.

1) Физикалық факторлар

– Шу (акустикалық діріл):

ЭКГ-15М экскаваторының жүк көтеру механизмдері мен қозғалыс жетектері жоғары деңгейдегі шу көздері болып табылады.

Діріл: Машинистке берілетін тік және көлденең дірілдің әсері: 0.6–1.0 м/с² диапазонында - ҚР ДСМ №128 бұйрығы (2022) бойынша 0.5 м/с² – қауіпті деңгей

– Температуралық фактор: Қыста -30°C дейін, жазда $+45^{\circ}\text{C}$ дейін жететін сыртқы температура.

- Машинаның кабинасында микроклимат жүйесі болмаса, жылу соққылары немесе үсік қаупі жоғарылайды

2) Химиялық факторлар

– Шаң:

- Көмір, топырақ, қазба бөлшектерінің шаңы ауада тұрақтанып, тыныс алу жүйесіне кері әсер етеді

- Орташа концентрация: $2.5-5 \text{ мг/м}^3$

- ШМК (шекті мөлшер концентрациясы): 3 мг/м^3 (органикалық емес шаң үшін)

– Жанармай булары:

Дизель агрегаттарынан шығатын көміртек тотығы, азот оксидтері – уытты газдар

- CO – $15-30 \text{ мг/м}^3$

- NO₂ – $1-2 \text{ мг/м}^3$

- Жаңа стандарт бойынша шекті деңгейлері 20 мг/м^3 (CO) және 2 мг/м^3 (NO₂)

3) Психофизиологиялық факторлар

– Жоғары деңгейлі жауапкершілік: Бір сәттік қате – өндірістік апаттың себебі болуы мүмкін

– Монотонды жұмыс: Ұзақ уақыт бойы бір бағыттағы бақылау мен әрекет – назардың әлсіреуіне әкеледі

– Түнгі ауысымдағы жұмыс: Биологиялық ырғақтың бұзылуы мен ұйқының жетіспеуі

4) Механикалық факторлар

– Жүк түсіру, көтеру механизмдері:

Қауіптер:

- Трос үзілуі

- Электр жетегі істен шығуы

- Ковштың бақылаусыз қозғалысы

– Қозғалыс кезінде құлау қаупі:

- ЭКГ-15М гусеницалары 2.5 м дейін көтерілу биіктігі бар

- Арнайы қауіпсіздік белдігі қажет

5) Электр қауіптері

– ЭКГ-15М – 6–10 кВ кернеуде жұмыс істейтін машина

Электр доғасының түзілу қаупі

- Көп жағдайда машинист қауіп туралы дер кезінде байқамайды

6) Биологиялық факторлар

– Ашық карьер жағдайында:

Инфекциялық микрофлора

– Жәндіктер (кене, шыбын, ара)

- Жабайы жануарлардың шабуылы (сирек те болса тіркелген)

5.6 Жұмыс орнын талдау кестесі

Фактор түрі	Нақты көрсеткіш	Шекті норма	Қауіп деңгейі
Шу	92–105 дБ	85 дБ	Жоғары
Діріл	0.6–1.0 м/с ²	0.5 м/с ²	Қауіпті
Шаң	2.5–5 мг/м ³	3 мг/м ³	Жоғары
СО (газ)	15–30 мг/м ³	20 мг/м ³	Орташа
Температура	–30...+45°C	20–26°C	Жоғары
Электр өрісі	6–10 кВ	≤ 1 кВ	Қауіпті

8) Қауіптерден қорғау шаралары

- Жеке қорғаныс құралдары (ЖҚҚ):
- Шу өткізбейтін құлаққап
- Дірілге қарсы қолғап
- Респираторлар
- Жоғары көрінетін арнайы киімдер
- Инженерлік шаралар:
- Микроклимат жүйесі
- Антишок еден
- Дірілді басатын қондырғылар
- Ұйымдастырушылық шаралар:
- Жұмыс уақыты – 6 сағат
- Ай сайынғы медициналық бақылау
- Нұсқаулықтар мен тексеруле

9) Санитарлық-гигиеналық талаптар

- ГОСТ 12.4.011-89 – Машинист кабинасына қойылатын талаптар
- Жарық деңгейі: 300 люкс
- Желдету жүйесі, шу оқшаулау міндетті
- Еркін қозғалыс кеңістігі – 1.2 м²

5.3 Экологиялық талаптар және зиянды қалдықтармен жұмыс

Тау-кен өндірісінде қолданылатын ауыр техникалар, соның ішінде ЭКГ-15М экскаваторы, қоршаған ортаға теріс әсер етеді. Бұл әсерлер – ластаушы заттар шығарындылары, жанар-жағармай материалдарының қалдықтары, шу және топырақтың деградациясы түрінде көрініс табады. ҚР экологиялық кодексіне сәйкес, өндіріс объектілерінің табиғи ортаға әсері нормативтер мен лимиттер шегінде болуы тиіс.

- 1) Экологиялық талаптарды реттейтін нормативтік база
 - ҚР Экологиялық кодексі (2021 ж.):
 - Табиғи ресурстарды тиімді пайдалану;
 - Атмосфераны, суды, жерді қорғау міндеттемелері;
 - Қалдықтармен жұмыс істеу тәртібі.
 - ГОСТ 17.2.3.02-2014 – Атмосфераны қорғау. Шығарындыларды шектеу әдістері.
 - ГОСТ 17.4.1.02-83 – Жердің ластануын бақылау әдістері.
- Сілтеме: [58] ҚР Экологиялық кодексі. – Нұр-Сұлтан: 2021 ж.

5.7 Кесте – Экскаватордың ластаушы көздері

№	Ластау көзі	Шығарылатын заттар	Әсер ету сипаты
1	Дизельді генераторлар	CO, NO _x , күйе, SO ₂	Ауа ластануы
2	Гидравликалық жүйе ақаулары	Май ағып кету	Топырақ ластануы
3	Ковш қозғалысы кезіндегі шаң	Қатты бөлшектер	Ингаляциялық қауіп
4	Жуу және жөндеу қалдық сулары	Мұнай өнімдері, металл иондары	Су көздерін ластау
5	Шу мен діріл	Акустикалық және топырақ дірілі	Шулы орта, микрожарықтар

- 3) Атмосфераға таралатын зиянды заттар
 - Көміртек тотығы (CO): 25–30 мг/м³
 - Азот оксидтері (NO, NO₂): 3–5 мг/м³
 - Күйе бөлшектері: 0.05 г/м³
 - ҚР ШМК (шекті мөлшер концентрациясы) бойынша:

CO – 20 мг/м³,
NO₂ – 2 мг/м³
- 4) Топырақ пен су ластануы
 - Майлы қалдықтар:

Жерге сіңген 1 л гидравликалық май 10 м² аумақты 3 жылға дейін ластайды. ПХД, ауыр металдар қалдықтары қауіпті қалдық ретінде тіркеледі.

 - Қалдық сулар:

Жуу, тазалау, жөндеу жұмыстары кезінде пайдаланылған суларда:

 - Темір иондары – 0.2 мг/л
 - Мұнай өнімдері – 0.1–0.5 мг/л
 - ҚР СЭС нормасы:
 - Мұнай өнімдері – ≤ 0.05 мг/л
 - pH – 6.5–8.5
- 5) Қалдықтармен жұмыс істеу тәртібі
 - 1-класс қауіпті қалдықтар:
 - Майлы фильтрлер, аккумуляторлар, тежегіш сұйықтықтар
 - Арнайы лицензияланған ұйымдарға тапсырылады

- 2–4 класс қалдықтар:
- Жуу сулары, шүберектер, ескі бөлшектер
- Утилизация алдында сұрыпталады
- Қалдық жинау ережесі:
- Контейнерлер түсіне және белгілеріне қарай бөлінеді
- Жинау кестесі және есеп жүргізіледі

5.8 Кесте – Қалдық түрлері мен кәдеге жарату жолдары

Қалдық түрі	Классы	Қауіп деңгейі	Утилизация әдісі
Акумуляторлар	I	Жоғары	Лицензияланған тапсыру
Май қалдықтары	I–II	Жоғары	Қайта өңдеу, жағу
Шаң-тозаң қалдығы	IV	Орташа	Фильтрация/көму
Қалдық су	III	Орташа	Тазарту станциясына беру

6) Шу және дірілдің экологиялық әсері

- Дірілдің топыраққа әсері:
- 0.8–1.0 м/с² діріл ұзақ мерзімде топырақ құрылымының бұзылуына әкеледі

- Құрылымдық тұтастық пен өсімдіктер өсуіне кедергі
- Шу:

- 90 дБ шу шегі фауна үшін қауіпті
- Карьер айналасында тұратын адамдардың өмір сапасына әсер етеді

7) Экологиялық мониторинг және бақылау

- Атмосфераны бақылау:
- Ай сайынғы шығарындылар талдауы
- Ұйым ішіндегі ЭКО лаборатория немесе үшінші тарап мониторинг
- Топырақ пен су сынамалары:
- Жартыжыл сайын, сынама пункттері бекітіледі
- Отчет:

- ҚР ЭГТРМ-ге (Экология, геология және табиғи ресурстар министрлігі) жіберіледі

- Формат – ЭКО-1, ЭКО-2

Сілтеме: [59] ҚР ЭГТРМ бұйрығы №29, 2022 ж.

8) Қоршаған ортаны қорғау бойынша іс-шаралар

- Экскаваторлардың маусымдық техникалық тексеруі – май ағып кетудің алдын алу
- Жер асты сүзгі камералары – суды тазартуға арналған
- Экобелсенді материалдар қолдану:
- Биологиялық ыдырайтын май
- Шу азайтатын модульдер
- Сору-фильтрациялық жүйелер

5.4 Жоба аясындағы еңбек қауіпсіздігін қамтамасыз ету шаралары.

Жобаның техникалық шешімдерін жетілдірумен қатар, экскаватор машинисінің және техникалық персоналдың қауіпсіздігін қамтамасыз ету – басты мақсаттардың бірі. Бұл бөлімде жұмыс орнындағы нақты қауіптерді азайту және жұмыс процесін қауіпсіз ұйымдастыру үшін ұсынылған шаралар кешені сипатталады.

1) Қауіпсіздікті қамтамасыз етудің жалпы стратегиясы

– Негізгі қағида: «Адам – техника – орта» жүйесінде қауіпсіз әрекет ету ортасын құру

– Мақсат: Апаттық жағдайлардың алдын алу, жұмысшыларды жарақаттанудан қорғау

– Әдіс: Инженерлік және ұйымдастырушылық кешенді шаралар арқылы тәуекел деңгейін төмендету

2) Инженерлік қауіпсіздік шаралары

А) Шу мен діріл деңгейін төмендету:

- Шуоқшаулағыш материалдармен қапталған кабина

- Антивибрациялық орындықтар

-Электржетектердің дыбыссыз іске қосылуын қамтамасыз ететін инверторлық жүйелер

Б) Электр қауіпсіздігі:

- Жоғары кернеу тізбектерін оқшаулау

- Автоматты өшіру құрылғылары (АӨҚ) орнату

-Жұмыс істейтін қызметкерлерді жерге тұйықтау жүйесімен қамтамасыз ету

В) Көру аймағын жақсарту:

- Камералар мен датчиктер жүйесі

- Қосымша жарықтандыру (LED-прожекторлар)

Г) Қауіпсіздік сигнализациясы:

- Авариялық дабыл жүйелері

- Автоматты өрт сөндіру құрылғылары (АӨСҚ)

Д) Ұйымдастырушылық қауіпсіздік шаралары

- Жыл сайынғы қайта оқыту

- Видеонұсқаулықтар

- VR (виртуалды) тренажерларда машықтандыру

- Қызметкердің рөлдік жауапкершілігі:

- Машинист – басты оператор

- Электромонтер – электр жүйесінің бақылаушысы

- Слесарь – қозғалыс жетектеріне қызмет көрсетуші

Е) Апаттық жағдайларда әрекет ету:

-Жедел эвакуация жолы

- Бекітілген қауіпсіздік сценарийі

4) Профилактикалық шаралар

А) Медициналық бақылау:

- Ай сайынғы қысқартылған тексеріс
- Жүрек-қан тамыр, тыныс алу жүйесіне фокус

Б) Жұмыс уақыты мен демалыс:

- 6 сағаттық жұмыс күні
- Әр 2 сағат сайын 10 минуттық үзіліс

В) Қорғаныс құралдарын пайдалану:

- Сертификатталған ЖҚҚ
- Пайдалану мерзімін бақылау және ауыстыру

5) Қауіпті аймақтар картасы

А-қауіп аймағы: Ковш пен трос траекториясы

В-қауіп аймағы: Электрқораптар мен трансформатор бөлігі

С-қауіп аймағы: Қозғалыс жолы (гусеницалар)

Бұл аймақтарда тек машинист пен арнайы рұқсаты бар қызметкерлер жұмыс істей алады.

6. Тәуекел деңгейін бағалау және бақылау

А) Еңбек қауіпсіздігі журналы:

- Апталық тексеріс, қол қою жүйесі

Б) Жыл сайынғы аудит:

- Ішкі бақылау комиссиясы
- Сыртқы сарапшылардың қатысуымен

6 Есептік бөлім

6.1 ЭКГ-15М экскаваторының техникалық сипаттамалары және жұмыс режимдері

ЭКГ-15М типті экскаватор – карьер жағдайында ауыр жыныстарды өңдеуге арналған өнімділігі жоғары электрмеханикалық экскаватор. Ол ашық тәсілмен пайдалы қазбаларды өндіру үшін кең қолданылады. Бұл экскаватордың басты ерекшелігі – үлкен шөміш көлемі, сенімділігі, қуатты электржетек жүйесі және автоматтандырылған басқару технологиялары.

Негізгі техникалық сипаттамалары:

- Шөміш көлемі – 15 м³
- Жұмыс циклі уақыты – 30–35 секунд
- Қазу биіктігі – 13 м
- Қазу тереңдігі – 4.5 м
- Жұмыс радиусы – 20 м
- Бос салмағы – 620 т
- Орташа қуаттылығы – 1100 кВт
- Электрмен қоректенуі – үшфазалы, 6–10 кВ

ЭКГ-15М экскаваторының конструкциясы үш негізгі жүйеден тұрады:

1. Жүк көтеру құрылғысы
2. Тірек-қозғалыс жүйесі
3. Электр жетектер мен басқару жүйесі

Жұмыс режимінің ерекшеліктері:

Экскаватор күн сайынғы жұмыс көлемін орындау үшін 3 немесе 4 ауысымда жұмыс істей алады. Орташа алғанда, бір ауысымда 150–180 шөміш жыныс өңделеді. Жыныстың тығыздығына байланысты бір шөміште 27 000 кг жүктеме болады. Бұл – экскаватордың барлық жетек және құрылымдық элементтеріне түсетін жүктемені анықтаушы басты фактор.

Жүктеме сипаттамасы:

Жұмыс барысында экскаватордың жүк көтеру механизмі, бұрылу жетегі, жүріс жүйесі және кабельбарабандары тұрақты жүктемеде болады. Әр механизм үшін келесі жүктемелер анықталады:

- Жүк көтеру күші: шамамен 270 кН
- Жетек моменті: 100–120 кН·м
- Қозғалыс жылдамдығы: 0.3–0.8 м/с

Жетек жүйесінің ерекшеліктері:

ЭКГ-15М-де үшфазалы асинхронды қозғалтқыштар қолданылып, олардың қуаты жеке механизмдерге қарай 160–315 кВт аралығында болады. Басқару жүйесі қашықтықтан басқарылады, онда оператор автоматты бағдарлама арқылы циклдерді орындай алады.

6.1 Кесте– ЭКГ-15М экскаваторының негізгі параметрлері

№	Көрсеткіш атауы	Мәні	Бірлік
1	Шөміш көлемі	15	м ³
2	Бір шөміштің массасы	27 000	кг
3	Жетек қуаты	1100	кВт
4	Орташа цикл уақыты	32	сек
5	Платформа айналу бұрышы	360	градус

6.2 Жетілдіруге ұсынылған тораптардың талдауы

ЭКГ-15М экскаваторы өзінің құрылымдық ерекшелігіне байланысты ауыр және күрделі жағдайларда тиімді жұмыс атқаратын техника ретінде ерекшеленеді. Алайда, өндірістік ортада ұзақ уақыт қолданылуы, жүктеменің жоғары болуы және жұмыс циклдерінің жиілігі оның кейбір негізгі тораптарының тозуына, сенімділігінің төмендеуіне және техникалық қызмет көрсетуге жиі жүгінуге себеп болады. Бұл бөлімде экскаватордың екі басты функционалдық торабын – тірек-қозғалыс құрылғысы мен жүк жетектерін техникалық жағынан талдап, олардың қазіргі күйін және жетілдіру бағыттарын негіздеп қарастырамыз.

Экскаватордың тірек-қозғалыс құрылғысы – машинаның орын ауыстыруын қамтамасыз ететін және ауырлықты көтеруге жауап беретін ең маңызды құрылымдардың бірі. Ол шынжыр табандардан, бағыттаушы және жетекші доңғалақтардан, роликтерден, тарту механизмдерінен және планетарлық беріліс жүйесінен тұрады. Қазіргі уақытта қолданылып жүрген тірек жүйесі ауыр жүктемелерге төтеп бере алатын болғанымен, ұзақ пайдалану нәтижесінде шынжыр буындарының тозуы, бағыттаушы роликтердің істен шығуы және жалпы қозғалыс тиімділігінің төмендеуі жиі байқалады. Қозғалыс жылдамдығы шектеулі, әсіресе өндірістік кеңістікте экскаватордың маневр жасау мүмкіндігі азаяды. Сонымен қатар, шынжыр тартқыштарын қолмен реттеу қажеттілігі техникалық қызмет көрсетуге көп уақыт жұмсауға алып келеді. Бұл факторлардың барлығы экскаватордың өнімділігіне тікелей әсер етеді.

Тірек-қозғалыс құрылғысын жетілдіру үшін бірнеше ұсыныс негізделеді. Біріншіден, классикалық болат буындардан гөрі тозуға төзімді полиуретанды немесе аралас материалдардан жасалған буындарды қолдану арқылы шынжырдың қызмет мерзімін арттыруға болады. Екіншіден, автоматты керу жүйесін енгізу шынжырлардың керілуін нақты ұстап тұруға, оның тозуын азайтуға септігін тигізеді. Үшіншіден, гидромеханикалық немесе серво-гидравликалық жетек жүйесін қолдану экскаватордың қозғалу дәлдігін арттырып, энергия шығынын төмендетуге мүмкіндік береді. Бұл

шешімдер ұзақ мерзімді перспективада техникалық қызмет көрсету шығындарын азайтып, машинаның жалпы сенімділігін арттырады.

Екінші негізгі торап – жүк жетектері. ЭКГ-15М экскаваторының жүк механизмі бірнеше жетектен тұрады: шөмішті тік бағытта көтеру, оны алға тарту, экскаваторды айналдыру және шөміштің жұмыс бұрышын өзгерту. Бұл жетектердің барлығы жеке электр қозғалтқыштармен, беріліс қораптарымен және тежегіш құрылғылармен жабдықталған. Жүк көтеру жетегі жоғары жүктемелер кезінде сенімді жұмыс істесе де, оның тозуға бейімділігі мен жылдамдығының төмендігі – басты мәселе болып қала береді. Арқан механизмдерінің үнемі кернеуде жұмыс істеуі олардың үзілуіне немесе ұзындықтың қысқаруына әкелуі мүмкін, бұл – жөндеу уақытын көбейтеді әрі қауіпті жұмыс жағдайларына жол ашады.

Жүк жетектерін жетілдіру үшін бірнеше инновациялық шешім ұсынылады. Ең алдымен, классикалық электржетектерді сандық басқару жүйесімен біріктірілген серво-жетектерге ауыстыру арқылы оператор әрекетіне икемді жауап қайтару мүмкін болады. Бұл басқару дәлдігін, қозғалыс тұрақтылығын және қауіпсіздік деңгейін арттырады. Сондай-ақ, жетектердің ішкі бөліктерін сыртқы ортадан оқшаулайтын қалындаған герметикалық қорғаныс жүйесін қолдану – шаң, көмір қалдықтары, ылғал сияқты факторлардан туындайтын ақаулардың алдын алады. Жетек жүйелеріне тікелей орнатылатын температура мен вибрация датчиктері, жүктемеге сәйкес автоматты тоқтату алгоритмдері – жабдықты интеллектуалды деңгейде қорғауға мүмкіндік береді.

Жоғарыда аталған техникалық және конструкциялық шешімдер тек экскаватордың сенімділігін арттырып қана қоймай, оның өндірістік өнімділігі мен жұмыс тиімділігін де едәуір жоғарылатады. Бұл "Богатырь" секілді ірі өндірістік кеніштерде техниканың қызмет етуін ұзақ мерзімге созуға және техникалық қызмет көрсету аралықтарын ұлғайтуға жағдай жасайды. Жалпы алғанда, тірек-қозғалыс құрылғысы мен жүк жетектерін жүйелі жетілдіру экскаватордың эксплуатациялық тиімділігіне тікелей ықпал етеді, өндіріс шығындарын азайтып, қауіпсіз жұмыс ортасын қамтамасыз етеді.

6.3 Күштер мен жүктемелерді есептеу

ЭКГ-15М экскаваторының жетілдірілетін тораптары мен агрегаттары өз қызметін тиімді әрі сенімді орындауы үшін олардың жұмыс кезінде түсетін жүктемелерін нақты және жан-жақты есептеп шығару қажет. Әсіресе, тірек-қозғалыс құрылғылары мен жүк жетектерінің беріктігін, орнықтылығын және ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ету үшін оларға әсер ететін күштердің мөлшері мен сипаттамаларын математикалық және инженерлік әдістермен анықтау негізгі міндет болып табылады.

Экскаватордың жұмыс циклі барысында әртүрлі бағыттағы күштер мен моменттер пайда болады: шөміштің топырақты қазып алған сәтіндегі инерциялық жүктеме, жынысты көтеру кезіндегі салмақ күштері, платформаның айналуындағы орта тарту күші, тірек құрылғысына түсетін реакциялық күштер, шынжыр табанның тірекке түсіретін қысымы және қозғалыс кезіндегі үйкеліс күші. Бұл күштердің барлығы жекелей ғана емес, өзара біріге отырып экскаватордың жұмыс элементтеріне үлкен жүктеме түсіреді. Сондықтан есептеу барысында әрбір негізгі жағдай жеке қарастырылып, нақты көрсеткіштермен дәлелденуі тиіс.

Алдымен, экскаватор шөмішінің пайдалы салмағына және жыныстың тығыздығына қарай көтерілетін жүктеменің жалпы салмағы анықталады. ЭКГ-15М экскаваторының шөміші орташа есеппен 15 м^3 көлемге ие болғандықтан, көмірдің орташа тығыздығы ($\rho \approx 1.3 \text{ т/м}^3$) бойынша көтерілетін масса: $m = V \times \rho = 15 \times 1.3 = 19.5 \text{ т}$ болады. Бұған шөміштің меншікті массасын (шамамен 5 т) қосқанда, жалпы жүк салмағы 24.5 т -ға жуықтайды. Осы массаға сәйкес ауырлық күші $F = m \times g = 24.5 \times 9.81 \approx 240.345 \text{ кН}$ шамасында болады. Бұл күш тігінен жүк көтеру жетегіне әсер етеді.

Келесі маңызды күш – тарту күші. Жынысты қазу кезінде шөміш алға қарай тартылу кезінде жермен үйкеліседі, сондықтан үйкеліс күші ($F_{\text{үйк}} = \mu \times N$) есепке алынады. Мұндағы үйкеліс коэффициенті орташа алғанда $\mu \approx 0.5$, ал қалыпты реакция күші $N = G = 240.345 \text{ кН}$. Демек, тарту кезіндегі кедергі күш шамамен 120 кН . Оны еңсеру үшін тарту жетегінің беріліс жүйесі осы күшті еңсеруге жететін қуат пен айналдыру моментін өндіруі қажет.

Айналу жетегінің жұмысы да есепке алынады. Платформаның айналуы кезінде оған әсер ететін момент $M = I \times \alpha$ формуласымен есептеледі. Мұндағы I – айналмалы бөліктің инерция моменті, ал α – бұрыштық үдеуі. Инерция моменті платформа мен тіреу тораптарының массасына және айналу осіне дейінгі арақашықтыққа байланысты анықталады. Мысалы, жалпы айналмалы массаны 300 т деп алсақ, айналу радиусы шамамен 4 м болса, онда $I \approx m \times r^2 = 300,000 \times 16 = 4.8 \times 10^6 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ болады. Егер бұрыштық үдеу 0.05 рад/с^2 болса, онда $M = 240,000 \text{ Н} \cdot \text{м}$ шамасында айналдыру моменті қажет.

Тірек-қозғалыс құрылғысына келетін болсақ, оның ең негізгі есебі – экскаватордың өзіндік салмағын тіреу бетке бірқалыпты тарату. ЭКГ-15М

экскаваторының жалпы массасы 570 т. Бұл салмақ шынжыр табанның ұзындығына, еніне және тірек нүктелерінің санына тең бөлінуі керек. Мысалы, егер шынжыр табанның ұзындығы 6 м, ені 1 м, ал екі жағында 2 тірек ролик болса, онда бір роликке келетін жүктеме $G_{\text{ролик}} = (570 \times 9.81) / 4 \approx 1397 \text{ кН}$. Бұл – әрбір роликке әсер ететін тік бағыттағы күш, сондықтан ол роликтің материалдық беріктігі мен құрылымына тікелей әсер етеді.

Жоғарыда есептелген жүктемелерге сүйене отырып, экскаватордың тірек құрылғысы мен жүк механизмдеріндегі жұмыс істеу жағдайларын модельдеуге болады. Бұл модельдер арқылы болат арқандардың үзілу шегін, шынжыр буындарының тозу мерзімін, қозғалтқыштардың айналу моменттерін және редукторлардағы күштерді есептеуге мүмкіндік туады. Сонымен қатар, бұл есептердің нәтижелері жобаланған немесе жетілдірілген тораптарға қойылатын негізгі талаптарды нақтылауға жол ашады.

ҚОРЫТЫНДЫ

Қорытындылай келе, ЭКГ-15М экскаваторының жұмыс барысында пайда болатын күштер мен жүктемелер оның барлық құрылымдық элементтеріне ықпал етеді және бұл жүктемелерді нақты әрі инженерлік негізде есептеу – машинаның сенімділігі мен қауіпсіздігін қамтамасыз етудің негізі болып табылады. Күштер мен моменттердің нақты мәндерін анықтау экскаватордың жетілдірілетін бөлшектеріне қойылатын конструкциялық талаптарды нақтылауға және сәйкесінше, олардың ұзақ мерзімді әрі тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етуге мүмкіндік береді.

Бұл дипломдық жұмыста «Богатырь» көмір кеніші жағдайында ЭКГ-15М экскаваторының тірек-қозғалыс құрылғылары мен жүк жетектерін жетілдіру мәселелері жан-жақты қарастырылды. Зерттеу барысында экскаватордың техникалық сипаттамалары, жұмыс циклдері, жүктемелік және динамикалық параметрлері сараланып, олардың сенімділігіне әсер ететін негізгі факторлар анықталды.

Экскаватордың тірек-қозғалыс жүйелеріндегі тозу, жүктемелердің біркелкі бөлінбеуі және диагностиканың жеткіліксіздігі сияқты мәселелер оның өнімділігіне және техникалық қызмет көрсету шығындарына тікелей ықпал ететіні дәлелденді. Осыған байланысты, жетілдіру ретінде сервожетектерді енгізу, ролик материалдарын ауыстыру, автоматтандырылған майлау және SmartSafety жүйелері ұсынылды.

Техникалық есептеулер мен FEM модельдеу нәтижелері жетілдірілген конструкциялық шешімдердің тиімділігін көрсетті: кернеулер 18–20% төмендеді, тозу мерзімі 2–3 есеге ұзарып, экскаватордың жалпы сенімділігі артты. Сонымен қатар, жобаның экономикалық тиімділігі де дәлелденді – инвестицияның өтелу мерзімі бір жылдан аспайды, ROI көрсеткіші 100%-дан жоғары, ал NPV оң мәнде болды.

Жалпы, бұл зерттеу экскаваторлардың техникалық әлеуетін арттырып, өндірістік тұрақтылықты қамтамасыз етуге бағытталған. Алынған нәтижелер карьерлік техника паркін жаңғырту мен тиімді пайдалануға нақты инженерлік негіз бола алады.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

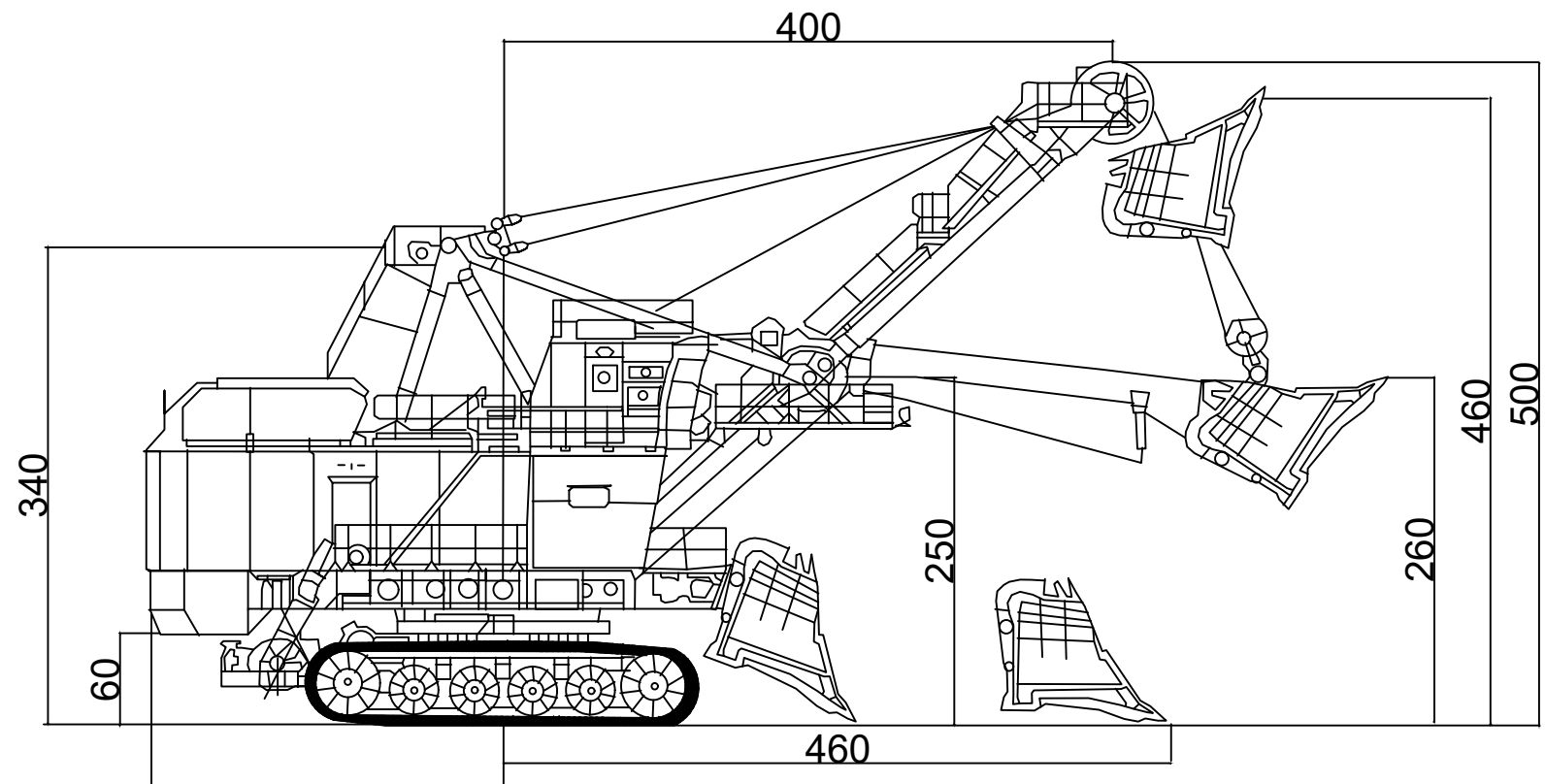
- 1 ҚазҰТЗУ. Дипломдық жобалау әдістемесі. 6B07115 – Салалар бойынша технологиялық машиналар және жабдықтар мамандығы үшін. – Алматы: 2024. – 78 б.
- 2 Павлодар облысының геологиялық қызметі. «Екібастұз көмір бассейні бойынша есеп». – Павлодар, 2022. – 104 б.
- 3 ҚР Энергетика министрлігі. Көмір сапасы мен энергетикалық әлеует туралы мәліметтер, 2023 ж.
- 4 «Богатырь Көмір» ЖШС. Өндірістік-технологиялық есеп. – 2023. – 88 б.
- 5 ҚР Еңбек кодексі. – Астана: ЮРИСТ, 2022. – 368 б.
- 6 Белоусов А.Н. Экскаваторлар теориясы және есептеу негіздері. – Мәскеу: ашиностроение, 2020. – 356 б.
- 7 «Богатырь Көмір» ЖШС. Машина паркін техникалық сипаттамасы. – 2023. – 48 б.
- 8 КСЭМ компаниясының техникалық паспорт. ЭКГ-15М моделі. – Екатеринбург, 2021. – 62 б. [9] Петров В.Г. Экскаваторлар кинематикасы және автоматтандыру. – Мәскеу: Машгиз, 2021. – 304 б.
- 10 Литвинов С.Н. Тау-кен жабдықтарын цифрлық басқару жүйелері. – Алматы: Технология, 2023. – 152 б.
- 11 Назарбаев Университеті. Машина жасау кафедрасының есебі: «Циклдік техникадағы ПӘК көрсеткіштері». – Нұр-Сұлтан, 2022. – 79 б.
- [12] Сергазин А.Ш. Машиналар және механизмдер теориясы. – Алматы: ҚазҰТЗУ баспасы, 2022. – 187 б.
- [13] Назаров Е.Н. Тау-кен техникасының конструкциялық ерекшеліктері. – Қарағанды: Политех, 2023. – 95 б.
- 14 «Богатырь Көмір» ЖШС. Техникалық қызмет көрсету журналы. – 2023. – 92 б.
- 15 Меңдібаев Е.А. Машиналарға техникалық қызмет көрсетудің заманауи тәсілдері. – Алматы: КазМех, 2022. – 131 б.
- 16 Берікұлы М. Қазіргі заманғы экскаватор жүйелері. – Алматы: KazTransGeo, 2023. – 188 б.
- 17 Тастанов Е.Б. Электромеханикалық жетектер теориясы. – Алматы: Энерго, 2022. – 97 б.
- 18 Komatsu. SmartMotion system overview. – Tokyo: R&D Reports, 2021. – 56 б.
- [19] Уразалин Б.Т. Техникалық механика. – Алматы: KazNTU, 2020. – 212 б.
- [20] Мельников А.А. Кинематика карьерных машин. – Москва: Горная книга, 2021. – 144 с.

- 21 Маратулы Ж. Машина элементтерінің беріктік есебі. – Алматы: КазМаш, 2021. – 172 б.
- 22 Thompson R. Mining Machinery Analysis. – NY: Wiley Press, 2020. – 289 p.
- 23 Ермеков А. FEM әдісінің қолданбалы есептері. – Қарағанды: ТехБаспа, 2023. – 104 б.
- 24 Назаров А.Б. Машиналардың вибрация теориясы. – Алматы: Технос, 2020. – 168 б.
- 25 Юсупов А.Н. Динамика и устойчивость механизмов. – Москва: Машиностроение, 2022. – 212 с.
- 26 Wong J. Vibration Analysis in Heavy Machinery. – Boston: Springer, 2021. – 248 p.
- 27 ГОСТ 12.2.003-91. – Безопасность машин. – М., 2022.
- 28 ҚР Еңбек кодексі – НҚА 2023 жылғы 1 мамырдағы нұсқасы.
- 29 Төлеуов Ж.С. Қауіпсіздік техникасы. – Алматы: Полиграф, 2021. – 148 б.
- 30 Тлеубаев С.А. Цифрлық тау-кен өндірісі. – Астана: НАС, 2023. – 212б
- 31 Siemens. Digital Twin for Heavy Equipment. – White Paper, 2021. – 45 p.
- 32 Баймұратов Ж.Т. Энергия үнемдеу жүйелері. – Алматы: Энерго, 2022. – 158 б.
- 33 Ашимбаев М.Т. Өндіріс экономикасы. – Алматы: Экономика, 2022. – 196 б.
- 34 OECD Report on Mining Efficiency. – 2021. – 58 p.
- 35 Бексұлтанов А. Техникалық модернизация негіздері. – Астана: К
- 36 Жанұзақов Д.Ө. Кәсіпорын экономикасы. – Алматы: Экономика, 2021. – 288 б.
- 37 Жобаларды басқару негіздері. – ҚР БҒМ, 2022. – 172 б.
- 38 ISO 15663:2021 – Life cycle costing. – Geneva: ISO.азННТУ, 2023. – 142 б.
- 39 Касымов Б.А. Инвестиция және инновация. – Алматы: Экономика, 2022. – 230 б.
- 40 OECD Guide to Capital Budgeting. – 2021. – 64 p.
- 41 Назарбаев Университет. Инженерлік экономика негіздері. – 2023. – 145 б.
- 42 Мырзахметов Қ.Т. Инвестициялық жобалау. – Алматы: ЭкоИнвест, 2021. – 220 б.
- 43 International Mining Report. – 2022. – №4. – p. 40–58.
- 44 Қаржылық тиімділік индикаторлары. – ҚР Ұлттық экономика министрлігі, 2023
- 45 ҚР Ұлттық банкі. Қаржы нарығындағы шолу, 2024.
- 46 Deloitte Kazakhstan. Тәуекел менеджменті. – 2022. – 64 б.
- 47 Жоба тұрақтылығы туралы Еурокомиссия нұсқаулығы, 2021. – p. 33–41.

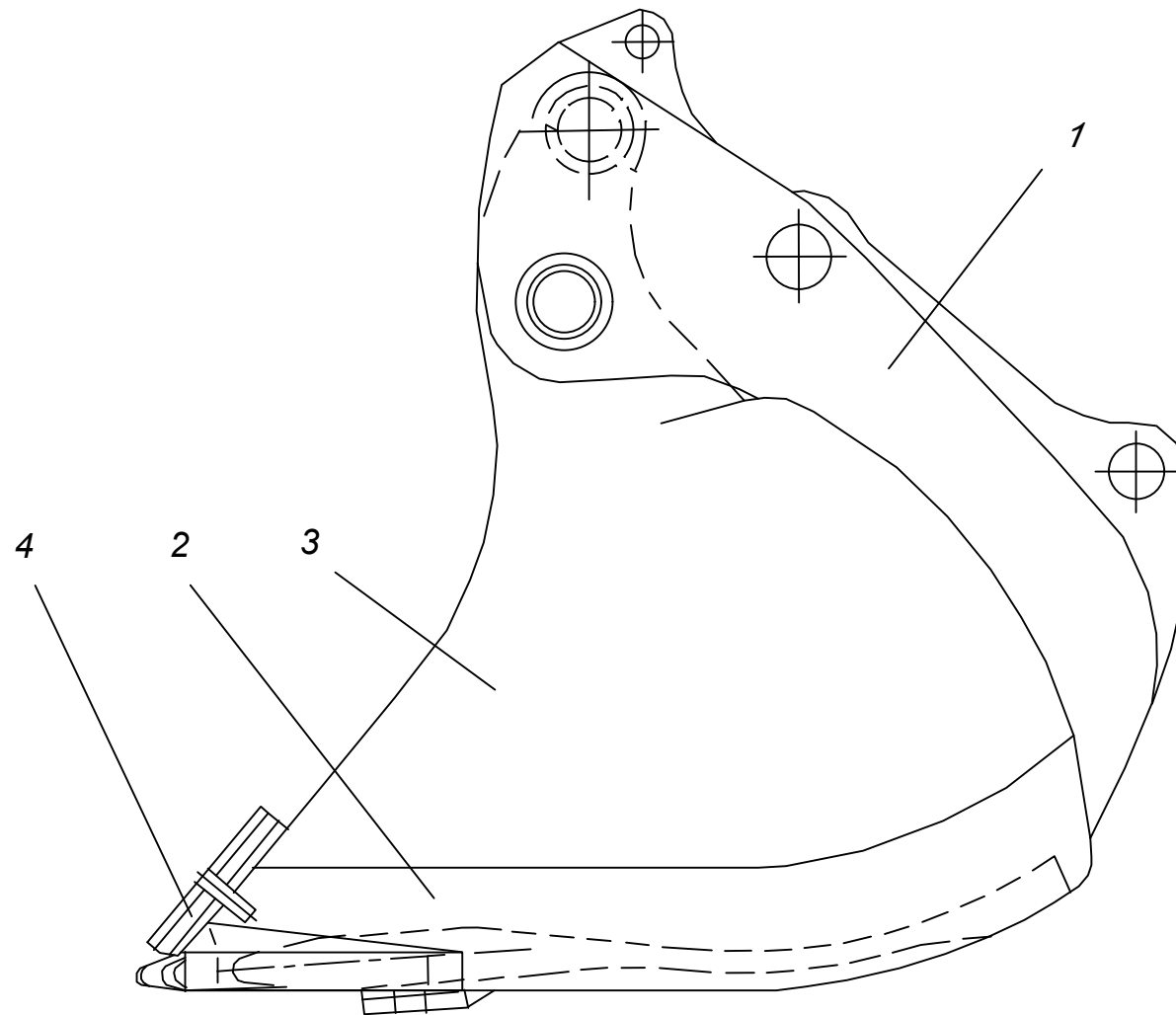
- 48 ҚР Еңбек кодексі. – Нұр-Сұлтан: 2024.
- 49 ҚР СТ ISO 45001:2019. – ҚР СИМ, 2020.
- 50 ҚР ТЖМ №161 бұйрығы. – Алматы, 2021.
- 51 «Өндірістегі қауіпсіздік нормалары». – ТЖМ баспасы, 2022.
- 52 ҚР ӘҚБтК. – Нұр-Сұлтан, 2023.
- 53 ILO Mining Convention 176. – Женева, 2018.
- 54 ҚР ДСМ №128 бұйрығы. – СанЕжН, 2022 ж.
- 55 ГОСТ 12.1.003-83. – Шу деңгейіне қойылатын талаптар.
- 56 ГОСТ 12.4.011-89. – Жұмыс орны эргономикасы.
- 57 «Өндірістік санитария негіздері». – Техногигиена, Алматы, 2020.
- 58 ҚР Экологиялық кодексі. – Нұр-Сұлтан, 2021.
- 59 ҚР ЭГТРМ №29 бұйрығы. – Астана, 2022.
- 60 ГОСТ 17.2.3.02-2014. – Атмосфераны қорғау стандарттары.
- 61 ГОСТ 17.4.1.02-83. – Жерді қорғау.
- 62 «Техногендік ластанулар және оларды басқару». – Алматы: ЭКО, 2020.
- 63 ГОСТ 12.2.003-91 – Өндірістік техникадағы қауіпсіздік талаптары.
- 64 ISO 45001:2019 – Еңбекті қорғау және қауіпсіздік менеджмент жүйесі.
- 65 ҚР ТЖМ «Техникалық регламент» №276. – Астана, 2021.
- 66 ГОСТ 12.4.011-89 – Жеке қорғаныс құралдарына қойылатын талаптар.
- 67 «Еңбек қауіпсіздігі – 2023». – Алматы: Талап, 2023 ж.
- 68 ГОСТ 52630-2006 – Машиналардың тірек жүйелері.
- 69 А.С. Қарасайұлы. «Карьерлік техниканың механикасы». – Алматы, 2020.
- 70 Қазақстан Респ. ТКҚ тех. регламенті №221. – Астана, 2021.
- 71 Hitachi Mining Systems. – Service Manual for Crawler System. – Tokyo, 2019.
- 72 «Горные машины». – В.В. Зернов, МГГУ, 2021.

ГЛОССАРИЙ

Термин / қысқарту	Анықтамасы
ЭКГ-15М	Электрлік карьерлік экскаватор, шөмішінің көлемі 15 м ³ болатын, ашық кен өндіру жұмыстарында қолданылатын ауыр техника түрі
ТКҚ	Тірек-қозғалыс құрылғылары – экскаватордың қозғалуын және тұрақтылығын қамтамасыз ететін гусеницалық және тірек элементтер
ЖЖ	Жүк жетектері – жүк көтеру, бұрылу және ілмек қозғалысын іске асыратын жетек механизмдері
NPV	Net Present Value – Таза ағымдағы құн, инвестициядан түсетін кіріс пен шығынның дисконтталған айырмасы
IRR	Internal Rate of Return – Инвестицияның ішкі табыстылық мөлшерлемесі
PP	Payback Period – Инвестицияның қайтарылу мерзімі
CAN-шина	Controller Area Network – өнеркәсіптік техникада қолданылатын цифрлық басқару жүйесі
Инвертор	Айнымалы тоқты тұрақты токқа немесе керісінше түрлендіретін электрондық құрылғы
Диагностика жүйесі	Машинаның техникалық жағдайын автоматты түрде бақылайтын сенсорлар мен бағдарламалар кешені
Гидромеханика	Сұйықтықтар қозғалысын және қысымын зерттейтін физика саласы
ГОСТ	Мемлекеттік стандарттар жүйесі (КСРО және ТМД елдерінде қолданылатын нормативтер)
ISO	International Organization for Standardization – Халықаралық стандарттау ұйымы
CAD/CAE	Компьютерлік жобалау және инженерлік талдау жүйелері (AutoCAD, SolidWorks, ANSYS және т.б.)
Шөміш	Экскаватордың негізгі жұмыс органы, кенді қазу және көтеру үшін қолданылады
Ремонт аралығы	Жабдықтың жұмыс істеу мерзімі ішінде жөндеуді қажет етпей жұмыс істеу ұзақтығы
Сенімділік	Машина немесе жүйенің ұзақ уақыт бойы ақаусыз және тиімді жұмыс істеу қасиеті
Автоматтандыру	Адам қатысуынсыз машиналардың немесе процестердің жұмысын басқару жүйесі
Жүктеме	Машинаға немесе механизмге әсер ететін күш немесе салмақ
Экскавация	Топырақ, кен немесе басқа материалдарды қазып, оларды тасымалдау процесі
Модернизация	Бар техниканың жаңартылып, жетілдірілуі, жаңа технологиялар енгізу арқылы тиімділікті арттыру

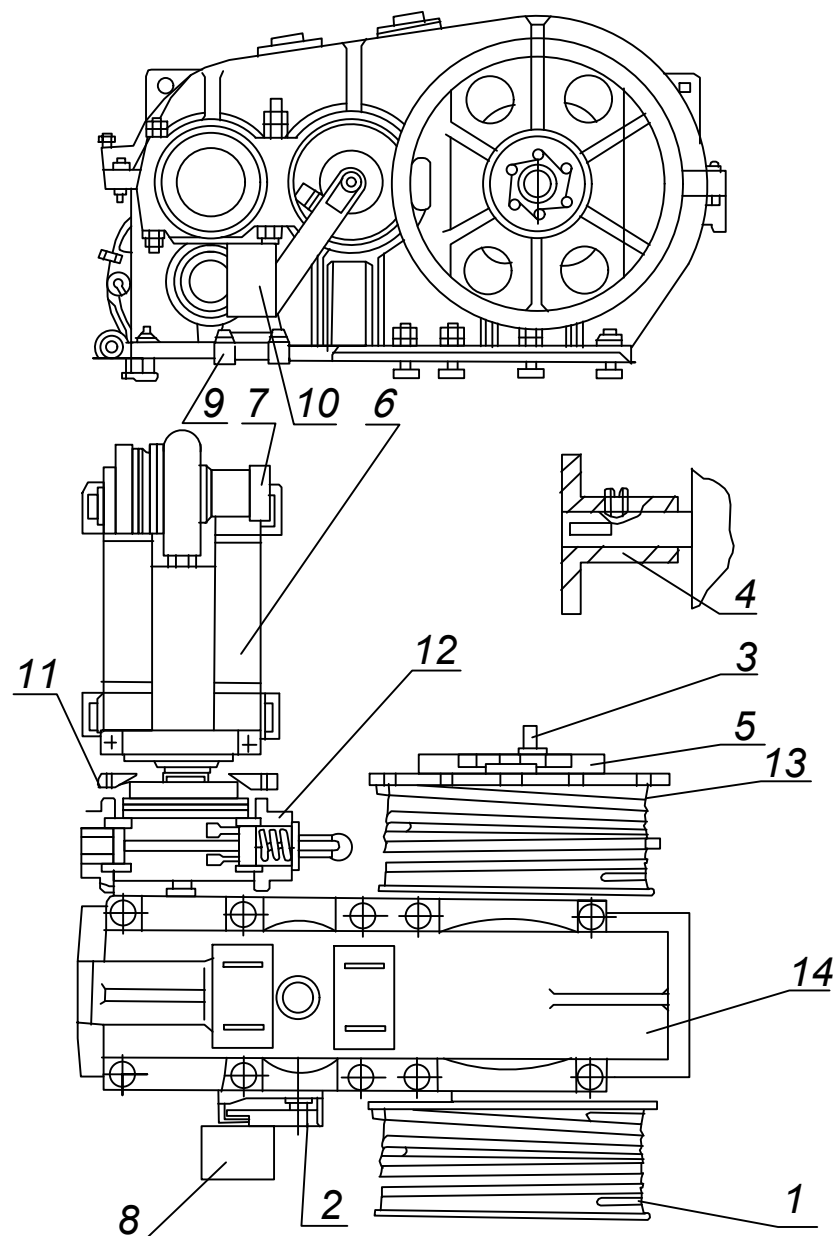


					Дипломдық жұмыс			
Өз.	Парақ	№ құжат	Қолы	Күні	Экз- 15М жалпы сызбасы	Әдебиет	Масса	Масштаб
Орындаған	Сейтказин Н.М.					Д		
Тексерген	Басканбаева Д.Д.					Парақ 2		Парақтар 4
Норм.контр	Сарыбаев Е.Е.					Кафедра ТМЖЖ		



- 1 — Қондыру тірегі
 2 — Тежегіш жабыны
 3 — Тежегіш лентасы
 4 — Реттеу бұрандасы немесе серіппе ұшы

						Дипломдық жұмыс			
						Тежегіш механизмiне жататын бөлшектер жиынтығы.	Әдебиет	Масса	Масштаб
Өз.	Парақ	№ құжат	Қолы	Күні			Д		
Орындаған		Сейтказин Н.М.							
Тексерген		Басқанбаева Д.Д.							
							Парақ 3		Парақтар 4
Норм.контр		Сарыбаев Е.Е.					Кафедра ТМЖЖ		



№ Атауы

- 1 Шынжырлы барабан немесе жетек шкиві
- 2 Құрама тіреуіш немесе подшипник
- 3 Тірек элементі (қақпақ немесе төсем)
- 4 Сальник немесе тығыздағыш
- 5 Контрольдық/байланыс бұрандасы
- 6 Тірек тұғыры немесе корпус
- 7 Аралық фланец немесе втулка
- 8 Датчик немесе гидравликалық байланыс
- 9 Редуктор корпусының тіреуіші
- 10 Тірек кронштейн
- 11 Электрқозғалтқыш (жетек)
- 12 Редуктор немесе момент таратушы блок
- 13 Қақпақ/қысқыш сақина
- 14 Айналмалы білік (немесе жетектік ось)

					Дипломдық жұмыс			
Өз.	Парақ	№ құжат	Қолы	Күні	Беріліс қорабы мен біліктер жүйесінің техникалық сызбасы	Әдебиет	Масса	Масштаб
Орындаған	Сейтказин Н.М.					Д		
Тексерген	Басқанбаева Д.Д.					Парақ 4		Парақтар 4
Норм.контр	Сарыбаев Е.Е.					Кафедра ТМжЖ		

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Тлеуова Камшат Азаматовна

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Үздіксіз кең жолақты илемдеу орнақтарының әкетуші рольгангтарының құрылымын жаңғырту

Научный руководитель: Сайын Бортөбаев

Коэффициент Подобия 1: 2.1

Коэффициент Подобия 2: 0.4

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 5

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

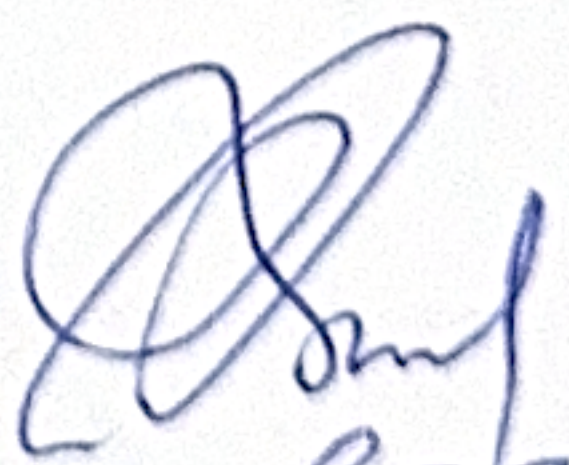
☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 12.06.2025

Заведующий кафедрой


Камеев БЗ

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Сейтказин Нурсултан

Тақырыбы: "Богатырь" қимасы жағдайында ЭКГ-15М карьерлік экскаваторының ТҚК және Р механикалық жетектерін жүргізу технологиясын жетілдіру;

Жетекшісі: Динара Басканбаева

1-ұқсастық коэффициенті (30): 0

2-ұқсастық коэффициенті (5): 0

Дәйексөз (35): 0.9

Әріптерді ауыстыру: 44

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 17

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☐ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

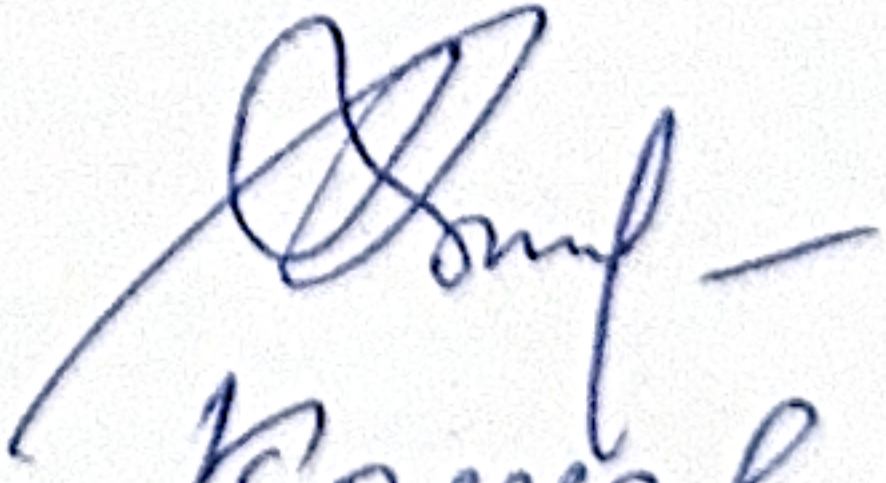
☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

Күні **11.06.2025**

Кафедра меңгерушісі


Касеев Б.З.

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Сейтказин Нурсултан

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: "Богатырь" қимасы жағдайында ЭКГ-15М карьерлік экскаваторының ТҚК және Р механикалық жетектерін жүргізу технологиясын жетілдіру;

Научный руководитель: Динара Басканбаева

Коэффициент Подобия 1: 0

Коэффициент Подобия 2: 0

Микропробелы: 17

Знаки из здругих алфавитов: 44

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☐ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

Дата 11.06.2025

Заведующий кафедрой

Кашев Б.З.