

ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТІНІҢ
ҒЫЛЫМИ ЖУРНАЛЫ

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙҒЫРОВ УНИВЕРСИТЕТА

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫ
МЕН ТЕХНИКАСЫ**

2001 ЖЫЛДАН БАСТАП ШЫҒАДЫ



**НАУКА И ТЕХНИКА
КАЗАХСТАНА**

ИЗДАЕТСЯ С 2001 ГОДА

ISSN 2788-8770

№ 2 (2023)

ПАВЛОДАР

**НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ
ТОРАЙГЫРОВ УНИВЕРСИТЕТ**
выходит 1 раз в квартал

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о постановке на переучет периодического печатного издания,
информационного агентства и сетевого издания
№ KZ51VPY00036165

выдано
Министерством информации и общественного развития
Республики Казахстан

Тематическая направленность

Публикация научных исследований по широкому спектру проблем
в области металлургии, машиностроения, транспорта, строительства,
химической и нефтегазовой инженерии, производства продуктов питания

Подписной индекс – 76129

<https://doi.org/10.48081/SWLL9958>

Импакт-фактор РИНЦ – 0,342

Абишев Кайратолла Кайроллинович – к.т.н., профессор (главный редактор);
Касенов Асылбек Жумабекович – к.т.н., профессор (заместитель главного редактора);
Мусина Жанара Керейовна – к.т.н., профессор (ответственный секретарь);
Шокубаева Зауреш Жанатовна – технический редактор.

Члены редакционной коллегии:

Калиакпаров Алтай Гиндуллинович – д.т.н., профессор (Нур-Султан, Казахстан);
Клецель Марк Яковлевич – д.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);
Шеров Карибек Тагаевич – д.т.н., профессор (Караганда, Казахстан);
Богомолов Алексей Витальевич – к.т.н., ассоц. профессор (Павлодар, Казахстан);
Кажыбаева Галия Тулеуевна – к.т.н., профессор (Павлодар, Казахстан);

Зарубежные члены редакционной коллегии:

Waigang Sun – профессор (Пекин, Китай);
Gabriele Comodi – PhD, профессор (Анкона, Италия);
Jianhui Zhao – профессор (Харбин, Китай);
Khamid Mahkamov – д.т.н., профессор (Ньюкасл, Великобритания);
Magin Laruerta – д.т.н., профессор (СьюДад Реал, Испания);
Mareks Mezitis – д.т.н., профессор (Рига, Латвия);
Petr Bouchner – PhD, профессор (Прага, Чехия);
Ronny Berndtsson – профессор (Лунд, Швеция);
Барзов Александр Александрович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Витвицкий Евгений Евгеньевич – д.т.н., профессор (Омск, Россия);
Иванчина Эмилия Дмитриевна – д.т.н., профессор (Томск, Россия);
Лазарев Владислав Евгеньевич – д.т.н., профессор (Челябинск, Россия);
Мягков, Леонид Львович – д.т.н., профессор (Москва, Россия);
Янюшкин Александр Сергеевич – д.т.н., профессор (Чебоксары, Россия);
Ребезов Максим Борисович – д.с/х.н., профессор (Москва, Россия).

За достоверность материалов и рекламы ответственность несут авторы и рекламодатели
Редакция оставляет за собой право на отклонение материалов
При использовании материалов журнала ссылка на журнал «Наука и техника Казахстана» обязательна

© Торайгыров университет

***П. О. Быков¹, А. В. Нефтисов², А. В. Богомолов³, А. А. Каменов⁴**

^{1,3,4}Торайғыров университеті, Қазақстан Республикасы, Павлодар қ;

²Astana IT University, Қазақстан Республикасы, Астана қ.

*e-mail: Bykov_petr@mail.ru

ЖЕЛ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАРДЫҢ МЕТАЛЛ БӨЛШЕКТЕРІНІҢ БҰЗЫЛУЫН МАКРО-ЖӘНЕ МИКРОҚҰРЫЛЫМДЫҚ ТАЛДАУ

Қазақстан Республикасындағы климаттың ерекшеліктерін ескере отырып, жел энергетикалық қондырғыларының тораптары мен бөлшектерінің бұзылу себептері талданды. Ең тозған торап редуكتور-мультипликатор екендігі анықталды, ол жұмыс кезінде статикалық және динамикалық жүктемелерге ұшырайды. Нақты жағдайларда рұқсат етілген максималды жүктемелерден асып кету жел энергетикалық қондырғысының бұзылуына әкелуі мүмкін.

Жел энергетикалық қондырғысының бөлшектері мен тораптарының тозу жағдайы мен дәрежесін анықтау үшін эндоскопия әдісі қолданылды. Зерттеу нәтижесінде критикалық тозу нәтижесінде бұзылған және зақымдалған редуكتور бөлшектері: цилиндрлік саты корпусы және екінші сатыдағы тісті тәж (шеңбердің жартысы көлеміндегі жарықшақ) түйіскен жеріндегі цилиндрлік саты корпусы және тісті ілініс элементтері.

Цилиндрлік сатының корпусының және екінші сатының тісті тәжінің түйіскен жерінде цилиндрлік сатының корпусында шеңбердің ұзындығының жартысына тең жарықшақ түрінде ақаулықтың пайда болу себебі редуكتورдың корпусына тісті іліністерден ауыспалы жүктемелер болуы мүмкін, себебі тісті іліністің ішіне тістерді сырлау кезінде жоңқалар мен тістердің сынықтары түседі.

Тісті тәждің тістерін, планетарлық және күнгейлік тістегершіктерді, тістердегі қарықтар сырлау түріндегі ақау тістердің бетінде микро жарықтардың пайда болуына ықпал ететін қайталанатын-айнымалы байланыс кернеулерінің әсерінен пайда болды, содан кейін жарықтардың дамуына тістердің жарықтарына түскен майлау материалының сынаны шығару әрекетінің әсері және сәйкесінше материалдың бөлшектерін бетінен сырлау ықпал етеді.

Кілтті сөздер: жел энергетикалық қондырғысы, редуكتور, тісті доңғалақ, болат, тозу, ақау.

Кіріспе

Бүкіл әлемде жел энергетикалық электр станцияларының қуаты артып келеді. Жел энергетикалық қондырғыларының пайдаланылуы әртүрлі климаттық жағдайларда жүзеге асырылады. Жел энергетикалық қондырғыларының жұмыс істеуі үшін күрделі жағдайлар күрт континенттік климаты басым болатын Қазақстанның орталық, солтүстік және шығыс аймақтарында орын алуда.

Бұл климат күнтізбелік жыл ішінде үлкен температура амплитудасымен және күшті желмен сипатталады. Мысалы, Ақмола облысының климаты құрғақ, жазы ыстық, қысы суық. Қоңыржай белдеудің Батыс Сібір климаттық аймағына жатады. Тәуліктік және жылдық температура амплитудалары өте үлкен. Қар жамылғысы орта есеппен 150 күнге созылады. Желдер айтарлықтай күшті. Облыс аумағында бүкіл Қазақстан бойынша ең төменгі ауа температурасы байқалды (Атбасар – 57 °С, Астана – 52 °С) [1].

БҰҰ Даму бағдарламасының жел мониторингіне сәйкес РВ Power компаниясы жүргізген жел ресурстарын талдау және энергия өндіруді бағалау шеңберінде Ақмола облысында жел жылдамдығының орташа жылдық мөндері 6 м/с-қа жеткен жоқ, ал желдің орташа жылдамдығы 1988–2007 жылдар аралығында 4,19 м/с-ты құрады [2].

[3] мәліметтері бойынша, 10 м биіктіктегі желдің орташа жылдық жылдамдығы 4,9 м/с құрайды. Сол себептен жер бедерінің кластарының жел энергетикалық сипаттамалары бойынша «Роог (кедей)» бірінші класына жатады, желдің орташа жылдық жылдамдығы 0,0-ден 5,6 м/с-қа дейін [4].

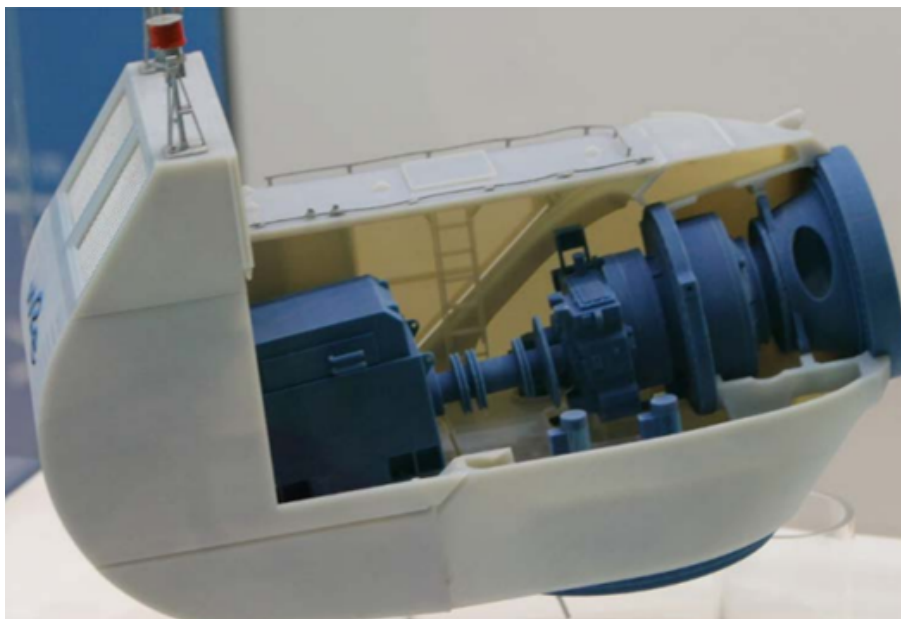
Айта кету керек, 2,05 МВт қуаты бар WTU 2,0 жел қондырғысының пайдалану жөніндегі нұсқаулығына сәйкес WTU2,0.000.00.001 РЭ діріл-акустикалық жүйелерді қолдану бойынша ұсынымдар мен талаптар жоқ [5].

Сондай-ақ, Қазақстан аумағында жел энергетикалық қондырғыларында діріл-акустикалық жүйелерді пайдаланудың қолданыстағы ұлттық стандарттары мен өзге де регламенттейтін құжаттары жоқ. Көрші мемлекетте (Ресей Федерациясы) ГОСТ Р 54418.1-2012 ұлттық стандарты бар, ол шаруашылық жүргізуші субъектілерді әртүрлі кезеңдерде қолдануға, соның ішінде жобалау мен пайдалануға арналған [6].

Онда шамадан тыс дірілді анықтауға қабілетті және жылдамдықтан асқан жағдайда іске қосылатын жүйемен жел энергетикалық қондырғысын қорғау функциялары қарастырылған; генератордың шамадан тыс жүктелуі немесе істен шығуы; шамадан тыс діріл; кабельдің авариялық бұралуы.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Жел энергетикалық қондырғысының негізгі агрегаттарының бірі мультипликатор болып табылады (1 сурет).



Сурет 1 – ЖЭҚ мультипликаторның жалпы көрінісі

Мультипликатор жұмыс істеу барысында статикалық және динамикалық жүктемеге ұшырайды. Максималды рұқсат етілген жүктемелерден асып кету қондырғының бұзылуына әкелуі мүмкін.

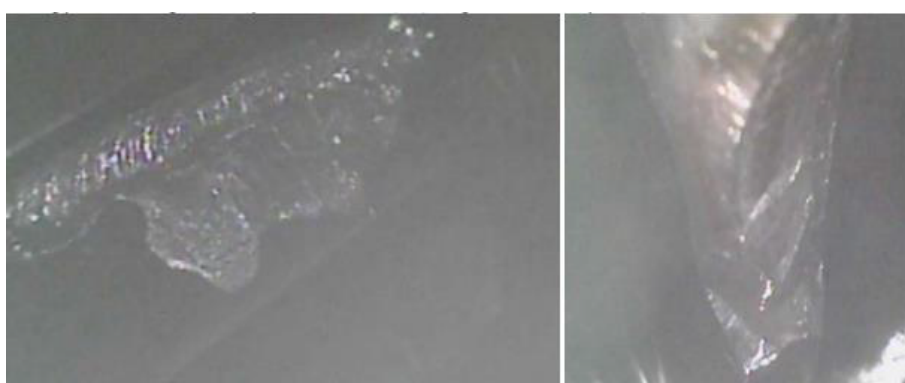
Жел энергетикалық қондырғысының бөлшектері мен тораптарының тозу жағдайын және дәрежесін зерттеу үшін эндоскопия әдісі қолданылды. Эндоскоп агрегаттардың ішкі қуыстарын тексеру үшін пайдаланылды. Құрылғы штанганың ұшына бекітілген жарықтандырылған камераны қамтиды. Камерадан кескінді шығару эндоскоптың жеке экранына немесе қосылатын сыртқы құрылғыға – смартфонға жасалады.

Жел энергетикалық қондырғысы мультипликаторының эндоскопияны қолдана отырып, тексеру нәтижелері бойынша сыни тозу нәтижесінде бұзылған және зақымдалған редуктордың бөлшектері: цилиндрлік сатының корпусы және екінші сатыдағы тісті тәждің түйіскен жеріндегі цилиндрлік сатының корпусы (шеңбер ұзындығының жартысындағы жарықшак) (2-сурет); тісті ілініс элементтері (3-7-суреттер).





Сурет 2 – Редуктордың цилиндрлік сатысының корпусының жарылуы



Сурет 3 – Екінші сатыдағы тісті тәждің тістерінің сырлануы



Сурет 4 – Планеталық тістегершіктің тістердің сырлануы



Сурет 5 – Күнгейлі тістегершіктің тістердің сырлануы



Сурет 6 – Редуктордың цилиндрлік сатысының үлкен тістегершіктің тозуы (тойтару, тістердегі жарықшақ)

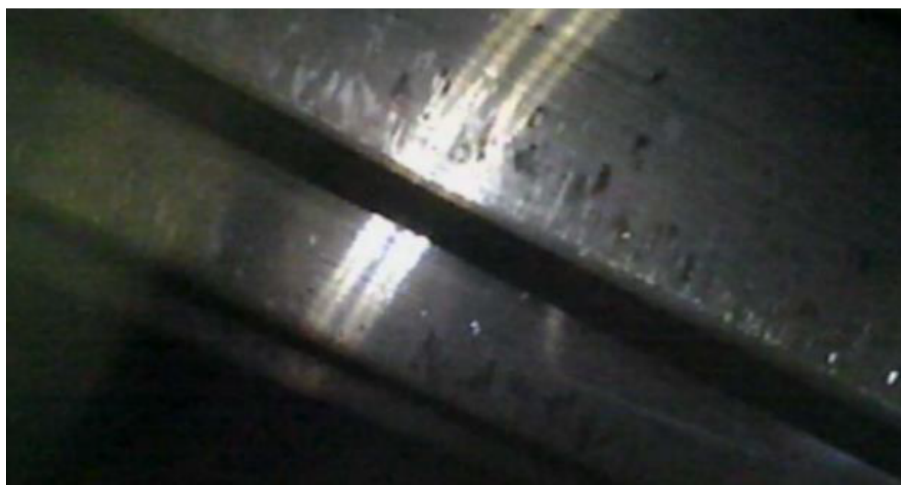


Рисунок 7 – Редуктордың цилиндрлік сатысының кіші тістегершіктің тозуы (тойтару, тістердегі қарықтар)

Нәтижелер және талқылау

Тісті берілістердің өнімділігі мен күйін бағалаудың негізгі әдісі-визуалды тексеру. Арнайы әдебиеттер мен реттеуші дереккөздерді талдау тісті берілістердің жұмысына берілетін айналу сәттерін және тісті доңғалақтардың айналу үлгісін анықтайтын сыртқы факторлар да, механизмнің техникалық жағдайына байланысты ішкі факторлар да әсер ететінін көрсетті [7]. Сыртқы және ішкі факторлардың өзара әрекеттесуі редукторларға әртүрлі ықтимал зақым келтіреді [8–10].

Алынған мәліметтерге сәйкес, цилиндрлік сатының корпусында жарықшақ түрінде ақаудың пайда болу себебі цилиндрлік сатының корпусының түйіскен жерінде және шеңбердің жарты ұзындығындағы екінші сатының тісті тәжі редуктордың корпусына тістердің тісті беріліске сырлану кезінде тістердің жарықтар мен жоңқалардың түсуіне байланысты ауыспалы жүктемелер болуы мүмкін деп қорытынды жасауға болады.

Планетарлық және күнгейлік тістегершіктің, тісті тәжі тістерінің сырлануы түріндегі ақаудың, тістердегі қарықтардың пайда болуының себебі тістердің бетінде микрожарықтардың пайда болуына ықпал ететін қайталанатын-ауыспалы байланыс кернеулерінің әрекеттері болуы мүмкін, содан кейін жарықтардың дамуына тістердің жарықтарына түскен майлау материалының сыналаушы әсері және сәйкесінше материалдың бөлшектерін бетінен сырланған ұсақ шұңқырлардың пайда болады, содан кейін тістердің бүкіл бетіндегі үлкен қабықтарға өтеді.

Беріліс қорабының цилиндрлік сатысының үлкен беріліс тістеріндегі жарықшақтар түріндегі ақаулар, әдетте, жел электр станциясын пайдалану жөніндегі нұсқаулықтың 5.1.4-тармағында сипатталғандай, соққы сипатындағы шамадан тыс жүктемеден немесе айналмалы қалақтарды мұздату кезінде біліктің айналу сәтінен асып кетуден қайталанатын-айнымалы иілу кернеулерінің әсерінен пайда болады [5].

Құрылымның ықтимал жасырын ақауларын және жұмыс ақауларын тек ұсынылған материалдар негізінде анықтау мүмкін емес. Құрылымның жасырын ақауларын анықтау үшін редукторды толық бөлшектеу және редуктор бөлшектеріне мамандандырылған металлографиялық зерттеулер жүргізу қажет.

Жел электр қондырғысынан редукторды нақты бөлшектеу себебінен монтаждау жұмыстарының ақауларын анықтау мүмкін емес. Редукторды сақтау шарттарының бұзылуы тісті берілістер мен редуктор корпусының бұзылуына әкелмейді, бірақ істен шығудың мүмкін себептерін анықтауға әсер етеді.

Тісті ілініс бөліктерінің бұзылуының ең ықтимал себебі: тістегершіктердің тістерінде нақты айналу сәтінің есептелгеннен асып кетуі. Генераторға жеткізілетін біліктің жағында сәттерді шектеу муфтасы қолданылатындығын ескере отырып, оны дұрыс орнатқан кезде, генераторды жүктемеге қосу сәті редукторға әсер ете алмайды, ал сәт орнату қалақтары жағынан асып

түседі және тежегіш жүйесінің іске қосылуымен нашарлауы мүмкін деген қорытындыға келуге болады.

Сонымен, планетарлық редукторлардың тісті тәжі корпустың бөлігі болып табылғанымен және редуктордың осы түрінің көлденең орналасуымен ауырлық күшінің әсерінен кез-келген үшінші тарап заттары мен қосындылары төмен қарай орналасады, содан кейін олар тісті тәжге түседі, онда олар тәждің айналасында планеталық тегершіктермен «домалайды», ұсақталады, маймен тасымалданады және маймен байланысқан мультипликаторлардың барлық сатыларына теріс әсер етеді, сол себептен редуктордың барлық ішкі элементтеріне зақым келтіреді.

Цилиндрлік сатылы корпустың түйіскен жерінің центрлік буртының сынуы тәждің деформациясы нәтижесінде пайда болды, бұл болат тісті тәж мен планетарлық тістегершіктер арасындағы тісті ілініс қалдықтарының түсуіне байланысты. Редуктордың корпусы шойыннан жасалған және мұндай масштабтағы деформацияға арналмаған.

Мультипликатор корпусында орналасқан температура датчиктерінің көрсеткіштерінде ауытқулардың болмауы және мультипликатор жұмыс істеп тұрған кезде мойынтіректерге тән шудың болмауы металл сынықтары мен жоңқалар мультипликатордың тісті ілінісінің бұзылуының өнімі екенін білдіреді.

Қорытындылар

Эндоскопия арқылы анықталған ақаулар жел энергетикалық қондырғысының жұмысы үшін өте маңызды, сондықтан жөндеу жұмыстарын жүргізу үшін қондырғының жұмысын тоқтату ұсынылады.

Басқа жел энергетикалық қондырғыларын сәтті пайдалану үшін мультипликатордың май станциясы жүйесінің сүзгі элементіндегі сыртқы қосылыстарды визуалды бақылау мен тексеру аралығын мүмкіндігінше азайту ұсынылады, яғни қондырғының әр тоқтауы кезінде; моментті шектеу муфтасын реттеуді тексеру; мультипликатордың май станциясы жүйесін жоңқаларды толығымен алып тастағанға дейін жуу процедурасын жүргізу және құбырлардың өткізу қабілетін тексеру.

Жел энергетикалық қондырғылардың мультипликаторларын діріл датчиктерімен жабдықтау және оларды деректер көрсеткіштерінің мұрағатын жүргізе отырып, жалпы АБЖ жүйесіне қосу қажет.

ПАЙДАЛАНҒАН ДЕРЕКТЕР ТІЗІМІ

1 Қазақстан Республикасының қағидалар жинағы. ҚР ҚЖ 2.04-01-2017 Құрылыс климатологиясы [Текст] // Қазақстан Республикасы Инвестициялар және даму министрлігінің Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері комитеті. – Астана, 2017. – 47 б.

2 Ван ден Эккер Я. Ветровой мониторинг Программы развития ООН / Казахстан – Инициатива развития рынка ветроэнергетики. Отчет по среднесрочной оценке [Текст] / Я. Ван ден Эккер, В.Ни // PV Power. – 2008. – 59 с.

3 Средняя скорость ветра на метеостанциях Акмолинской области. – [Электронный ресурс]. – <http://energywind.ru/recomendacii/skorost-vetra-kazakhstan/akmolinskaya-oblast>

4 **Безруких, П. П.** Ветроэнергетика. Вымыслы и факты. Ответы на 100 вопросов / [Электронный ресурс]. – <https://www.solarhome.ru/basics/bas-wind/100faq.htm>.

5 Руководство по эксплуатации ветроэнергетической установки WTU 2,0 мощностью 2,05 МВт WTU2,0.000.00.001 РЭ, 2013. –141 с.

6 ГОСТ Р 54418.1-2012 (МЭК 61400-1:2005) Возобновляемая энергетика. Ветроэнергетика. Установки ветроэнергетические. Часть 1. Технические требования. – М. : Стандартиформ, 2016. – 82 с.

7 **Кравченко, В. М.** Повреждения зубчатых передач вследствие воздействия внутренних факторов / В. М. Кравченко, В. А. Сидоров, В. В. Буцукин [Текст] // Горное оборудование и электромеханика. – 2012. – № 9. – С. 42–44.

8 **Старжинский, В. Е.** Виды повреждений зубчатых колес: типология и рекомендации по предупреждению повреждений / В. Е. Старжинский, Ю. Л. Солитерман, Е. И. Тескер [и др.] [Текст] // Трение и износ. – 2008. – Т. 29. – № 5. – С. 465–482.

9 **Семенов, М. Ю.** Оценка влияния условий трения на контактную выносливость подвергнутых химико-термической обработке зубчатых колес из комплексно-легированных теплостойких сталей / М. Ю. Семенов [Текст] // Проблемы черной металлургии и материаловедения. – 2015. – № 1. – С. 70–79.

10 **Жакупов, А. Н.** Non-destructive method for determining the mechanical properties of rolled steel / А. Н. Жакупов, А. В. Богомолов, А. Т. Жакупова [Текст] // Наука и техника Казахстана. – 2021. – № 3. – С. 44–49.

REFERENCES

1 Code of Rules of the Republic of Kazakhstan. SP RK 2.04-01-2017 Construction climatology [Text] // Committee for Construction and Housing and Communal Services of the Ministry of Investment and Development of the Republic of Kazakhstan. – Astana, 2017. – 47 p.

2 **Van den Ecker, Ya.** Wind Monitoring of the United Nations Development Program / Kazakhstan is an initiative for the development of the wind energy market. Mid-term evaluation Report [Text] / Ya. Van den Ecker, V. Ni // PB Power – 2008. – 59 p.

3 Average wind speed at weather stations of Akmola region [Electronic resource]. – <http://energywind.ru/recomendacii/skorost-vetra-kazakhstan/akmolinskaya-oblast>

4 **Bezrukikh, P. P.** Vetroe`nergetika. Vy`my`sly` i fakty`. Otvety` na 100 voprosov [Wind energy. Fictions and facts. Answers to 100 questions] / [Electronic resource]. – <https://www.solarhome.ru/basics/bas-wind/100faq.htm>.

5 Operating manual for the WTA 2.0 wind power plant with a capacity of 2.05 MW WTU2,0.00.001, 2013. –141 p.

6 IEC 61400-1:2005 Wind turbines - Part 1: Design requirements (MOD). – Moscow : Standartinform, 2016. – 82 p.

7 **Kravchenko, V. M.** Internal factors influence on the gearings damages / V. M. Kravchenko, V. A. Sidorov, V. V. Butsukin [Text] // Mining equipment and electromechanics. – 2012. – № 9. – P. 42–44.

8 **Soliterman, Yu. L.** Modes of failure of gears: typology and recommendations for preventing failure / Soliterman Yu. L., Tesker E. I., Goman A. M., Osipenko S. A. [Text] // Journal of Friction and Wear. – 2008. – Vol. 29. – № 5. – P. 465–482.

9 **Semenov, M. Yu.** Assessing the impact of the conditions of friction on the contact endurance of gears from a complex-alloyed heat resistant steels subjected to thermo-chemical treatment / M. Yu. Semenov [Text] // Problems of ferrous metallurgy and materials science [Problemy` chernoj metallurgii i materialovedeniya]. – 2015. – № 1. – P. 70–79.

10 **Zhakupov, A. N.** Non-destructive method for determining the mechanical properties of rolled steel / A. N. Zhakupov, A. V. Bogomolov, A. T. Zhakupova [Text] // Science and technology of Kazakhstan. – 2021. – № 3. – P. 44–49.

Материал 01.06.23 баспаға түсті.

***П. О. Быков¹, А. В. Нефтисов², А. В. Богомолов³, А. А. Каменов⁴**

^{1,3,4}Торайғыров университет, Республика Казахстан, г. Павлодар;

²Astana IT University, Республика Казахстан, г. Астана.

Материал поступил в редакцию 01.06.23.

МАКРО- И МИКРОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ДЕТАЛЕЙ ВЕТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Проанализированы причины разрушения узлов и деталей ветроэнергетических установок с учетом особенностей климата в Республика Казахстан. Установлено, что наиболее изнашиваемым узлом является редуктор-мультипликатор, который в процессе эксплуатации подвергается статическим и динамическим нагрузкам. Превышение максимально допустимых нагрузок в реальных условиях может привести к поломке ветроэнергетической установки.

Для определения состояния и степени износа деталей и узлов ветроэнергетической установки применяли метод эндоскопии. В результате исследования разрушенными и поврежденными в результате критического износа деталями редуктора являются: корпус цилиндрической ступени в месте стыковки корпуса цилиндрической ступени и зубчатого венца второй ступени (трещина размером в половину длины окружности) и элементы зубчатых зацеплений.

Причиной возникновения дефекта в виде трещины на корпусе цилиндрической ступени в месте стыковки корпуса цилиндрической ступени и зубчатого венца второй ступени размером в половину длины окружности могут являться знакопеременные нагрузки на корпус редуктора от зубчатых

зацеплений, по причине попадания сколов зубьев и стружки при выкрашивании зубьев в зубчатое зацепление.

Дефект в виде выкрашивания зубьев зубчатого венца, планетарной и солнечной шестерни, борозды на зубьях возник в результате действия повторно-переменных контактных напряжений, которые способствуют образованию микротрещин на поверхности зубьев, далее развитию трещин способствует расклинивающий эффект смазочного материала, попавшего в трещины зубьев и соответственно выкрашиванию частиц материала с поверхности.

Ключевые слова: ветроэнергетическая установка, редуктор, зубчатое колесо, сталь, износ, дефект.

***P. O. Bykov¹, A. V. Neftissov², A. V. Bogomolov³, A. A. Kamenov⁴**

^{1,3,4}Toraighyrov University, Republic of Kazakhstan, Pavlodar.

²Astana IT University, Republic of Kazakhstan, Astana.

Material received on 01.06.23.

MACRO- AND MICROSTRUCTURAL ANALYSIS OF THE DESTRUCTION OF METAL PARTS OF WIND POWER PLANTS

Reasons for the destruction of nodes and parts of wind power plants are analyzed, taking into account the peculiarities climate in the Republic of Kazakhstan. It is established that the most worn-out unit is a multiplier reducer, which is subjected to static and dynamic loads during operation. Exceeding the maximum permissible loads in real conditions can lead to a breakdown of the wind power plant.

Endoscopy method was used to determine the condition and degree of wear of parts and assemblies of wind power plant. As a result of study, gearbox parts destroyed and damaged as a result of critical wear are: cylindrical stage housing at junction of cylindrical stage housing and gear ring of second stage (a crack measuring half circumference) and elements of gears.

Defect cause in form of a crack on cylindrical stage housing at junction of cylindrical stage housing and second stage gear ring with a size of half circumference may be alternating loads on gearbox housing from gear gears, due to ingress of chipped teeth and chips when teeth are painted into gear engagement.

The defect in form of discoloration of gear ring teeth, planetary and solar gear, furrows on teeth arose as a result of action of repeatedly variable contact stresses, which contribute to formation of microcracks on surface of teeth, further development of cracks contributes to wedging effect of lubricant trapped in cracks of teeth and material particles from the surface.

Keywords: wind power plant, gearbox, gear wheel, steel, wear, defect.

Теруге 01.06.23 ж. жіберілді. Басуға 26.06.23 ж. қол қойылды.

Электрондық баспа

5,07 Mb RAM

Шартты баспа табағы 14,79. Таралымы 300 дана. Бағасы келісім бойынша.

Компьютерде беттеген: Е. Е. Калихан

Корректор: А. Р. Омарова, Д. А. Кожас

Тапсырыс № 4087

«Toraighyrov University» баспасынан басылып шығарылған

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов көш., 64, 137 каб.

«Toraighyrov University» баспасы

Торайғыров университеті

140008, Павлодар қ., Ломов к., 64, 137 каб.

67-36-69

e-mail: kereku@tou.edu.kz

nitk.tou.edu.kz