

АНОТАЦІЯ

Гречаний О.М. Удосконалення моделей надійності елементів механічних систем при їх комплексному пошкодженні на прикладі ресурсу прокатних валків і їх приводу – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 133 – «Галузеве машинобудування». – Національна металургійна академія України, Дніпро, 2020.

Дисертація присвячена дослідженню комплексних діагностичних показників і правилам їх об'єднання, за умов дії на окремий елемент механічної системи комплексу пошкоджуючих процесів.

У дисертаційній роботі отримані нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що у сукупності є суттєвими для рішення актуальної задачі оцінки технічного стану вузлів, які потерпають від дії комбінації пошкоджуючих процесів, що в кінцевому результаті забезпечило підвищення надійності прокатних валків та елементів їхнього приводу.

Наукова новизна отриманих результатів:

- вперше отримано нове правило об'єднання індивідуальних показників надійності в показник надійності всієї системи на підставі ресурсного індексу безпеки та на підставі розподілення Ліндлі.

- вперше розглянуто процес поступового змішаного руйнування прокатних валків при розвитку в них кругових дефектів. При цьому вперше сформовано послідовність зміни дотичних і нормальних напружень від силових параметрів прокатки в об'ємі валка за один його оберт

- отримав подальший розвиток спосіб врахування нестационарності навантаження при зростанні тріщини шляхом визначення еквівалентного напруження.

- вперше розроблена і експериментально підтверджена модель втомного змішаного руйнування, яка витікає з правила об'єднання ресурсних індексів безпеки.

Практичне значення розробленої методики полягає в можливості її використання при діагностуванні роботоздатного стану складних механічних систем, до яких відносяться основні технологічні вузли листопрокатного обладнання.

Отримана методика впроваджена в практику при проведенні ремонтів в цеху гарячої прокатки тонкого листа ПАТ «Запоріжсталь» (акт впровадження від 16.09.2020) та у навчальному процесі при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю 133 – Галузеве машинобудування в Запорізькому національному університеті (акт використання від 03.09.2020).

Отримано нове правило об'єднання індивідуальних показників надійності в показник надійності всієї системи на підставі ресурсного індексу безпеки та на підставі розподілення Ліндлі.

Розглянуто процес поступового змішаного руйнування прокатних валків при розвитку в них кругових дефектів. При цьому вперше сформовано послідовність зміни дотичних і нормальних напружень від силових параметрів прокатки в об'ємі валка за один його оберт.

Вперше звернуто увагу на циклічність зміни напружень зсуву від зусилля прокатки відносно кругового дефекту, що призводить до виникнення механізму руйнування II моди. Розроблено сценарій втрати роботоздатності валків, пов'язаний з чергуванням дії механізмів руйнування за формулою $II \rightarrow II+III \rightarrow II+III+I$.

Експериментально отримано характеристики опору втомному руйнуванню валкових сталей для I і II мод, а також розроблено для них схематизовану кінетичну діаграму втомного руйнування.

Розроблено діагностичні моделі для вкладишів ковзання універсальних шпинделів листопрокатних станів, які ґрунтуються на експериментальних промислових дослідженнях. За рахунок залишення вкладишів в експлуатації на стадії їх прискореного зносу можна збільшити міжремонтний період гарантовано на 20 годин

Ключові слова: діагностування, технічний стан, прокатний валок, надійність, універсальний шпindelь.

Список публікації здобувача:

- включених до наукометричної бази «Scopus»:

Belodedenko S. Prediction of operability of the plate rolling rolls based on the mixed fracture mechanism / S. Belodedenko, A. Grechany, A. Yatsuba. // Eastern-european journal of enterprise technologies. – 2018. – №1. – С. 4–11. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.122818

Application of risk-analysis methods in the maintenance of industrial equipment / S.V. Belodedenko, G. M. Bilichenko, O.M. Hrechanyi, M. S. Ibragimov. // Procedia Structural Integrity. – 2019. – №22. – С. 51–58. DOI:<https://doi.org/10.1016/j.prostr.2020.01.007>

- включених до наукометричної бази «Web of Science»:

Fatigue Resistance Models of Structural for Risk Based Inspection / S.Belodedenko, V. Hanush, A. Baglay, O. Hrechanyi. // Civil Engineering Journal. – 2020. – №6. – С. 375–383..DOI:<http://dx.doi.org/10.28991/cej-2020-03091477>

- включених до наукометричної бази «Index Copernicus»:

Belodedenko S. Risk indicators and diagnostic models for sudden failures / S. Belodedenko, A. Grechany, M. Ibragimov. // Scientific journal of the Ternopil national technical university. – 2017. – №4. – С. 111–118.

Встановлення закону розподілу поломок елементів прокатного стану з метою їх запобігання / О.М. Гречаний, І. А. Шевченко, Т. А. Васильченко, Ю. Г. Кобрін. // Региональный межвузовский сборник научных работ. Системные технологии.. – 2018. – №4. – С. 122–127.

Belodedenko S.V. Rules for Amalgamating the Reliability of Elements of Powertrain Systems at Maintenance / S. V. Belodedenko, V. I. Hanush, O. M. Hrechanyi. // Journal of Mechanics Engineering and Automation. – 2019. – №1. – С. 24–32. DOI: 10.17265/2159-5275/2019.01.003

Study and Development of Amalgamating Rules for the Reliability Indicators of Power train System Elements / S.V. Belodedenko, V.I. Hanush, O.M.

Hrechanyi, M.S. Ibragimov. // International Journal of Modern Studies in Mechanical Engineering. – 2019. – №5. – С. 18–29. DOI: <http://dx.doi.org/10.20431/2454-9711.0502003>

- включених до фахових виданнях, затверджених МОН України:

Малышев Г.П. Исследования надежности вкладышей шпиндельных устройств стана 1680 ЦХП-1 / Г. П. Малышев, А. Н. Гречаний. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2016. – №5. – С. 118–122.

Белодеденко С.В. Планирование режимов технического обслуживания металлургического оборудования на основании моделей «отложенного ремонта» / С. В. Белодеденко, А. Н. Гречаний, В. А. Чеченев. // *Збірник наукових праць ЗДІА «Металургія»*. – 2018. – №1. – С. 119–125.

Білодіденко С.В. Дослідження правил об'єднання показників надійності елементів технічної системи / С. В. Білодіденко, Г. М. Біліченко, О. М. Гречаний. // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2018. – №7. – С. 10–16.

Применение моделей диагностических параметров в виде случайного процесса для контроля состояния технических систем / С. В. Белодеденко, В. И. Гануш, А. Н. Гречаний, М. С. Ибрагимов. // *Збірник наукових праць ЗДІА «Металургія»*. – 2018. – №2. – С. 115–119.

Гречаний О.М. Використання частотних моделей в технічній діагностиці несправностей металургійного обладнання / О. М. Гречаний, Ю. Г. Кобрін, І. А. Шевченко та ін. // *Збірник наукових праць інженерного інституту Запорізького національного університету «Металургія»*. – 2019. – №1. – С. 95–100.

- патенти України:

Стенд для дослідження матеріалів на тертя та знос: АС 131442 UA : МПК G01N 3/56 (2006.01) / Шевченко І.А., Васильченко Т.А., Кобрін Ю.Г., Гречаний О.М. – № u201805516, заявл.06.08.2018; опубл.10.01.2019, Бюл. №1, 5 с.

- які засвідчують апробацію матеріалів дисертації на наукових конференціях та семінарах:

Білодіденко С.В., Гречаний А.Н., Яцуба А.В. Методы ресурсной механики машин для повышения их надежности и безопасности. *Механіка машин – основна складова прикладної механіки* : матеріали Всеукр. наук.-техн. конф. Дніпро : НМетАУ, 2017. С. 35-38.

Гречаний О.М. Дослідження проблеми виконання своєчасних ремонтних робіт шпіндельних пристроїв прокатних станів. *Сучасні технології промислового комплексу* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. Херсон : ХНТУ, 2017. С.115

Белодеденко С.В., Гречаний А.Н., Ибрагимов М.С. Показатели риска и диагностические модели при внезапных отказах. *Пошкодження матеріалів під час експлуатації, методи його діагностування та прогнозування* : Праці V Міжнар. наук.-техн. конф. Тернопіль : ТНТУ, 2017. С. 118–122.

Білодіденко С.В., Баглай А.В., Гречаний О.М. Пошук функцій розподілу довговічностей для параметричних моделей. *Modern methods, innovations, and experience of practical application in the field of technical sciences* : international research and practice conference Radom, Republic of Poland : Book of Abstracts. Radom Academy of Economics, 2017. P. 102-106

S.Belodedenko, G. Bilichenko, A. Baglay, A. Grechany Fatigue resistance models of structural for RBI-maintenance. *Proceedings of the 19th International Colloquium on Mechanical Fatigue of Metals* : Book of Abstracts. Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia. Porto, 2018. P. 77–78.

Belodedenko S.V., Bilichenko G.M., Hrechanyi O.M., Ibragimov M.S. Application of risk-analysis methods in the maintenance of industrial equipment. *Proceedings of the First International Symposium on Risk Analysis and Safety of Complex Structures and Components* : Book of Abstracts. Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia. Porto, 2019. P. 343–344.

Belodedenko S.V., Hanush V.I., Hrechanyi O.M. Experimental verification of the survivability model under mixed I+II mode fracture for steels of rolling

rolls. *Proceedings of the First Virtual Conference on Mechanical Fatigue: Book of Abstracts*. Universidade do Porto – Faculdade de Engenharia. Porto, 2020. P. 63–64.

- які додатково відображають наукові результати дисертації:

Белодеденко С.В. Модели «отложеного ремонта» для обслуживания механических систем / С. В. Белодеденко, А. Н. Гречаный, М. С. Ибрагимов. // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2017. – №3. – С. 6–14.

Планування періодичності контролю технічних систем на підставі моделей діагностичних параметрів у вигляді випадкового процесу / С. В. Білодіденко, В. І. Гануш, О. М. Гречаний, М. С. Ібрагімов. // Вісник сертифікації залізничного транспорту. – 2018. – №4. – С. 21–26.

ABSTRACT

Hrechanyi O.M. Improvement of models of elements of mechanical systems reliability at their complex damage on examples of rolled rolls resource and their drive. – Qualifying scientific work on the manuscript.

Dissertation for obtaining the scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 133 – "Industry engineering". – National Metallurgical Academy of Ukraine, Dnipro, 2020.

The dissertation is concentrated on the research of complex diagnostic indicators and the rules of their combination, under the conditions of action on a separate element of the mechanical system of the complex of damaging processes.

In the dissertation work, new scientifically substantiated theoretical and experimental results were obtained, which in aggregate are important for solving the urgent problem of assessing the technical state of units suffering from a combination of damaging processes, which ultimately ensured an increase in the reliability of rolls and their drive elements.

Scientific novelty of the results obtained:

- for the first time, a new rule was obtained for combining individual reliability indicators into an indicator of the reliability of the entire system based on the resource safety index and based on the Lindley distribution.

- for the first time, the process of gradual mixed destruction of rolls with the development of circular defects in them is considered. At the same time, for the first time, a sequence of changes in the tangential and normal stresses from the force parameters of rolling in the volume of the roll for one revolution was formed

- the method of taking into account the nonstationarity of the load during crack growth by determining the equivalent stress was further developed.

- for the first time, a model of fatigue mixed rupture was developed and experimentally confirmed, which follows from the rule for combining resource safety indices.

The practical significance of the developed technique lies in the possibility of its use in diagnostics of the operational state of complex mechanical systems, which include the main technological units of sheet-rolling equipment.

The resulting technique was introduced into practice when carrying out repairs in the hot rolling department of a thin sheet of PJSC «Zaporizhstal» (implementation act dated 09.16.2020) and in the educational process in the preparation of bachelors and masters in specialty 133 - Industrial engineering at the Zaporizhzhya National University (act of use dated 03.09.2020).

A new rule was obtained for combining individual reliability indicators into an indicator of the reliability of the entire system based on the resource safety index and on the basis of the Lindley distribution.

The process of gradual mixed destruction of rolls with the development of circular defects in them was considered. In this case, for the first time, a sequence of changes in the tangential and normal stresses from the force parameters of rolling in the volume of the roll for one revolution is formed.

For the first time, attention is paid to the cyclic change in shear stresses from the rolling force relative to a circular defect, which leads to the appearance of a mode II fracture mechanism. A scenario has been developed for the loss of rolls

operability associated with the alternation of the action of destruction mechanisms according to the formula $II \rightarrow II + III \rightarrow II + III + I$.

The characteristics of resistance to fatigue fracture of roll steels for modes I and II have been obtained experimentally, and schematized kinetic diagrams of fatigue fracture have been developed for them.

Diagnostic models for sliding liners of universal spindles of sheet rolling mill have been developed, based on experimental industrial research. Due to the continued operation of the liners at the stage of accelerated wear, it is possible to increase their overhaul period guaranteed by 20 hours.

Key words: diagnosing, technical condition, rolling roll, reliability, universal spindle.