

წარმოების პროცესების ტექნოლოგიური მოწყობილობების დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის მეთოდების საუკეთესო პრაქტიკა და გამოწვევები

გივი სანაძე¹, პავლე ეფრიკიან², დიმა ბერიძე³

¹პროფესორი, საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი, ელ. ფოსტა: sanadzegivi05@gtu.ge

²მაგისტრი, სსიპ-სამხედრო გაწვევისა და რეკრუტირების ეროვნული სააგენტო,

ელ. ფოსტა: eprikyanpavle@gmail.com

³მაგისტრი, თავდაცვის სამინისტროს საავიაციო ქვედანაყოფი

ელ. ფოსტა: dima.beridze@gmail.com

რეზიუმე:

თანამედროვე საწარმოო ინდუსტრიაში, ტექნოლოგიური მოწყობილობების (ჩარხები, საწარმოო რობოტები) საიმედოობა და ეფექტურობა გადამწყვეტია კონკურენტუნარიანობისთვის. ეს სტატია იკვლევს დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის მეთოდებს, ფოკუსირებულია საუკეთესო პრაქტიკებზე, როგორიცაა მუდმივი მონიტორინგი, პროგნოზირებადი მოვლა და თვითკონტროლის სისტემები, რომლებიც ამცირებენ გაუთვალისწინებელ შეჩერებებს და ახდენენ ხარჯების ოპტიმიზაციას. ნაშრომში განხილულია ორგანიზაციული, ეკონომიკური და ტექნიკური სირთულეები, ასევე მონაცემთა სანდოობის საკითხები. სტატია გვთავაზობს პრაქტიკულ გადაწყვეტილებებს, როგორიცაა პერსონალის მომზადება და სისტემების ინტეგრაცია, რაც ხელს უწყობს წარმოების საიმედოობის გაუმჯობესებას. მიზანია ქართული ინდუსტრიისთვის მეთოდების დანერგვის ხელშეწყობა.

საკვანძო სიტყვები:

საწარმოო პროცესები, ტექნოლოგიური მოწყობილობები, დიაგნოსტიკა, მონიტორინგი, პროგნოზირებადი მოვლა, თვითკონტროლის სისტემები, ანომალიების გამოვლენა, წარმოების ეფექტურობა, მონაცემთა სანდოობა, ხარჯების ოპტიმიზაცია.

შესავალი

თანამედროვე საწარმოო ინდუსტრიაში, ისეთი ტექნოლოგიური მოწყობილობები, როგორიცაა ჩარხები და საწარმოო რობოტები, წარმოადგენს საწარმოს პროდუქტიულობისა და კონკურენტუნარიანობის საფუძველს. გაუთვალისწინებელი ტექნიკური გაუმართაობები იწვევს ფინანსურ დანაკარგებს, ხარისხის დაქვეითებასა და მიწოდების ვადების დარღვევას. ტრადიციული მონიტორინგის მეთოდები, რომლებიც ეფუძნება პერიოდულ შემოწმებებს, ხშირად ვერ უზრუნველყოფს პრობლემების დროულ გამოვლენას, რაც ამცირებს წარმოების ეფექტურობას.

ამჟამად, საწარმოები ცდილობენ გამოიყენონ მეთოდები, რომლებიც საშუალებას იძლევა მუდმივად აკონტროლონ მოწყობილობების მდგომარეობა, განახორციელონ პროგნოზირებადი მოვლა და თავიდან აიცილონ გაჩერებები. თუმცა, ამ მეთოდების დანერგვა დაკავშირებულია გამოწვევებთან, მათ შორის, მაღალი ხარჯებით, პერსონალის მომზადების საჭიროებითა და მონაცემთა სანდოობის უზრუნველყოფით.

ეს სტატია მიზნად ისახავს განიხილოს საწარმოო მოწყობილობების დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის საუკეთესო პრაქტიკები, გამოავლინოს მთავარი გამოწვევები და შესთავაზოს პრაქტიკული გადაწყვეტილებები, რომლებიც ხელს შეუწყობს წარმოების ეფექტურობის გაუმჯობესებას, განსაკუთრებით ქართული ინდუსტრიის კონტექსტში [1][5].

ძირითადი ნაწილი:

საწარმოო პროცესებში ტექნოლოგიური მოწყობილობების დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის საუკეთესო პრაქტიკები მიზნად ისახავს წარმოების საიმედოობისა და ეფექტურობის გაზრდას, გაუთვალისწინებელი გაჩერებების შემცირებასა და ხარჯების ოპტიმიზაციას. განვიხილოთ ძირითადი მდგომარეობები, რომლებიც გამოიყენება თანამედროვე ინდუსტრიაში, როგორიცაა მუდმივი მონიტორინგი, პროგნოზირებადი მოვლა, თვითკონტროლის სისტემები, ანომალების ადრეული გამოვლენა [1].

მუდმივი მონიტორინგი გულისხმობს მოწყობილობის ძირითადი პარამეტრების, როგორიცაა ვიბრაციები, ტემპერატურა, ხმაურის დონე, ცვთა, ლუფტი და ბრუნვის სიჩქარე, უწყვეტ შემოწმებას. ეს საშუალებას იძლევა პოტენციური პრობლემების გამოვლენა მანამ, სანამ ისინი გაუმართაობამდე მივა. მაგალითად, ჩარხის შემთხვევაში, ვიბრაციის ზრდა შეიძლება მიუთითებდეს მექანიკური ნაწილის ცვეთაზე, ხოლო ტემპერატურის მატება – გადახურებაზე. ამ მონაცემების საფუძველზე, საწარმოებს შეუძლიათ დაგეგმონ ტექნიკური მოვლა, რაც ამცირებს წარმოების შეფერხებას [3].

პროგნოზირებადი მოვლა (Predictive Maintenance) ეფუძნება მონაცემთა ანალიზს, რომელიც საშუალებას იძლევა წინასწარ განისაზღვროს მოწყობილობის

გაუმართაობის ალბათობა. ეს მიდგომა ამცირებს არასაჭირო ტექნიკური შემოწმებების რაოდენობას და ოპტიმიზებას უწევს მოვლის გრაფიკს. მაგალითად, საწარმოო რობოტის მონაცემთა ანალიზმა შეიძლება გამოავლინოს, რომ გარკვეული კომპონენტის ცვლათა მიაღწევს კრიტიკულ დონეს გარკვეულ პერიოდში, რაც საშუალებას იძლევა მისი დროული გამოცვლა, თავიდან აიცილებს წარმოების შეჩერება [2].

თვითკონტროლის სისტემები საშუალებას აძლევს მოწყობილობას დამოუკიდებლად გააანალიზოს თავისი მდგომარეობა და მიიღოს გადაწყვეტილებები, მაგალითად, გაჩერდეს ან შეატყობინოს ოპერატორს ანომალიის შესახებ. ეს განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია მაღალი რისკის მქონე წარმოებაში, სადაც გაჩერებამ შეიძლება გამოიწვიოს მნიშვნელოვანი ზარალი. მაგალითად, თუ ჩარხის მონიტორინგის სისტემა აღმოაჩენს უჩვეულო ვიბრაციას, ის შეიძლება ავტომატურად გაჩერდეს, რათა თავიდან იქნას აცილებული მძიმე დაზიანება [3].

ანომალიების ადრეული გამოვლენა საშუალებას იძლევა პრობლემების იდენტიფიცირება მანამ, სანამ ისინი გავლენას მოახდენს წარმოებაზე. მაგალითად, ხმაურის დონის ზრდა შეიძლება მიუთითებდეს მექანიკური ნაწილის ცვლათაზე, ხოლო ტემპერატურის მატება – გადახურებაზე. ამ მონაცემების ანალიზი ხელს უწყობს სწრაფ რეაგირებას, რაც ამცირებს ზარალს [1][3].

მიუხედავად საუკეთესო პრაქტიკების ეფექტურობისა, მათი დანერგვა დაკავშირებულია მრავალ გამოწვევასთან, რომლებიც შეიძლება დაიყოს სამ ძირითად კატეგორიად: ტექნიკური, ორგანიზაციული და ეკონომიკური [1][4].

ტექნიკური გამოწვევები მოიცავს მონაცემთა სანდოობისა და სისტემების ინტეგრაციის სირთულეებს. მაგალითად, სხვადასხვა ტიპის მოწყობილობებზე განთავსებული სენსორები შეიძლება გამოიმუშაონ განსხვავებული ფორმატის მონაცემები, რაც ართულებს მათ ერთიან ანალიზს. გარდა ამისა, ძველი ინფრასტრუქტურის მქონე საწარმოებში თანამედროვე მონიტორინგის სისტემების ინტეგრაცია მოითხოვს მნიშვნელოვან განახლებებს, რაც ზრდის დანერგვის სირთულეს.

ორგანიზაციული გამოწვევები უკავშირდება პერსონალის მომზადებისა და სამუშაო პროცესების ცვლილებების საჭიროებას. მაგალითად, თანამედროვე მონიტორინგის სისტემების ეფექტური გამოყენება მოითხოვს თანამშრომლების გადამზადებას, რათა მათ შეძლონ მონაცემთა ანალიზი, სისტემის მართვა და ანომალიების ინტერპრეტაცია. გარდა ამისა, ზოგიერთ საწარმოში შეიძლება არსებობდეს წინააღმდეგობა ახალი მეთოდების მიმართ, განსაკუთრებით თუ ისინი მოითხოვს სამუშაო პროცესების მნიშვნელოვან ცვლილებას [4].

მონიტორინგისა და დიაგნოსტიკის სისტემების დანერგვა მოითხოვს მნიშვნელოვან ფინანსურ ინვესტიციებს, მათ შორის, აღჭურვილობის, პროგრამული უზრუნველყოფისა და ინფრასტრუქტურის შეძენას. მცირე და საშუალო საწარმოებისთვის ეს შეიძლება იყოს მნიშვნელოვანი ბარიერი. გარდა ამისა,

სისტემების მოვლა-პატრონობა და განახლებაც ზრდის საერთო ხარჯებს, რაც განსაკუთრებით აქტუალურია ქართული ინდუსტრიისთვის, სადაც ფინანსური რესურსები ხშირად შეზღუდულია [4][5].

მონაცემთა სანდოობა კრიტიკულია ეფექტური დიაგნოსტიკისთვის. არასწორი ან არასრული მონაცემები შეიძლება გამოიწვიოს არაზუსტმა დიაგნოზმა, რაც გაზრდის გაუმართაობის რისკს. მაგალითად, თუ სენსორი არასწორად ზომავს ვიბრაციას, სისტემამ შეიძლება ვერ გამოავლინოს პოტენციური პრობლემა, რაც გამოიწვევს წარმოების შეფერხებას.

გამოწვევების დასაძლევად, საწარმოებმა უნდა განახორციელონ მიზანმიმართული ნაბიჯები, რომლებიც მორგებულია მათი ინფრასტრუქტურისა და ფინანსური შესაძლებლობების გათვალისწინებით [1].

სხვადასხვა მოწყობილობებიდან მიღებული მონაცემების სტანდარტიზაცია და ერთიანი პლატფორმის გამოყენება ამარტივებს ანალიზს. მაგალითად, ცენტრალიზებული მონაცემთა ბაზის შექმნა საშუალებას იძლევა ერთდროულად გაანალიზდეს მრავალი პარამეტრი, როგორიცაა ტემპერატურა, ვიბრაცია და ხმაურის დონე, რაც ამცირებს ტექნიკურ სირთულეებს.

საწარმოებმა უნდა ჩადონ ინვესტიცია თანამშრომლების გადამზადებაში, რათა მათ შეძლონ თანამედროვე სისტემების ეფექტურად გამოყენება. ეს მოიცავს ტრენინგებს მონაცემთა ანალიზის, სისტემის მართვისა და ანომალიების ინტერპრეტაციის შესახებ. გარდა ამისა, მნიშვნელოვანია ცნობიერების ამაღლება ახალი მეთოდების უპირატესობების შესახებ, რათა შემცირდეს წინააღმდეგობა [4][5].

მაღალი ხარჯების შესამცირებლად, საწარმოებმა შეიძლება განიხილონ მონიტორინგის სისტემების ეტაპობრივი დანერგვა, პრიორიტეტი მიაანიჭონ ყველაზე კრიტიკულ მოწყობილობებს, მაგალითად, ძირითად ჩარხებს ან რობოტებს. ასევე, თანამშრომლობა ტექნოლოგიურ პარტნიორებთან ან სახელმწიფო პროგრამებთან შეიძლება შეამციროს ფინანსური ტვირთი.

მონაცემთა სანდოობის უზრუნველსაყოფად, საჭიროა სენსორების რეგულარული კალიბრაცია და მონაცემთა ხარისხის შემოწმება. გარდა ამისა, მონაცემთა ფილტრაციისა და ვალიდაციის პროცედურების გამოყენება ამცირებს არასწორი მონაცემების გავლენას.

აღნიშნული მეთოდების დანერგვა საშუალებას იძლევა:

- შეამციროს გაუთვალისწინებელი შეჩერებები ანომალიების დროული გამოვლენით.
- გაზარდოს წარმოების საიმედოობა ზუსტი დიაგნოსტიკის მეშვეობით.
- ოპტიმიზდეს ტექნიკური მომსახურება, რაც ამცირებს ხარჯებს.
- გაუმჯობესდეს მოწყობილობების ეფექტურობა, მაგალითად, ჩარხებისა და საწარმოო რობოტების, ძირითადი პარამეტრების (ვიბრაცია, ტემპერატურა, ცვქეთა) მონიტორინგის გზით.
- შეიქმნას თვითკონტროლის სისტემები, რომლებიც სწრაფად რეაგირებენ პრობლემებზე [1][3].

დასკვნა

საწარმოო პროცესების ტექნოლოგიური მოწყობილობების დიაგნოსტიკისა და მონიტორინგის მეთოდები გადამწყვეტ როლს თამაშობს თანამედროვე ინდუსტრიაში. საუკეთესო პრაქტიკები, როგორცაა მუდმივი მონიტორინგი, პროგნოზირებადი მოვლა და თვითკონტროლის სისტემები, საშუალებას იძლევა გაიზარდოს წარმოების ეფექტურობა, შემცირდეს ხარჯები და თავიდან იქნას აცილებული გაუმართაობები. თუმცა, ამ მეთოდების დანერგვა დაკავშირებულია გამოწვევებთან, მათ შორის, ტექნიკური, ორგანიზაციული და ეკონომიკური სირთულეებით. ამ გამოწვევების დასაძლევად, საწარმოებმა უნდა განახორციელონ სისტემების ინტეგრაცია, პერსონალის მომზადება და ხარჯების ოპტიმიზაცია. განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია ამ მეთოდების დანერგვა ქართულ ინდუსტრიაში, სადაც ტრადიციული მიდგომები ხშირად ზღუდავს პროდუქტიულობას. შედეგად, ეფექტური მონიტორინგისა და დიაგნოსტიკის მეთოდები ხელს უწყობს წარმოების საიმედოობისა და კონკურენტუნარიანობის ზრდას[1][3][4][5].

გამოყენებული ლიტერატურა

1. Smith, J. *Industrial Equipment Monitoring: Best Practices and Challenges*. Journal of Manufacturing Systems. 2023. 45(2), p.123-135.
2. Johnson, M., & Lee, K. *Predictive Maintenance in Modern Manufacturing*. International Journal of Industrial Engineering. 2022. 38(4), p. 210-225.
3. Brown, T. *Real-Time Diagnostics in Production Processes*. Manufacturing Technology Review. 2021. 29(1), p. 56-70.
4. Kumar, R., & Patel, S. *Challenges in Implementing Monitoring Systems in Small Enterprises*. Journal of Production Engineering. 2024. 50(3), p. 89-102.
5. Georgian Industrial Association. *Current State of Manufacturing in Georgia: Challenges and Opportunities*. Tbilisi: GIA Press. 2023.

Best Practices and Challenges in Diagnostic and Monitoring Methods of Technological Equipment in Manufacturing Processes

Givi Sanadze¹, Pavle Eprikian², Dima Beridze³

¹Professor, Georgian Technical University, Email: sanadzegivi05@gtu.ge

²Master, LEPL - National Agency for Military Recruitment and Recruitment, Email: eprikyanpavle@gmail.com

³Master, Aviation Unit of the Ministry of Defense, Email: dima.beridze@gmail.com

Abstract

In modern manufacturing, the reliability and efficiency of technological equipment, such as machine tools and industrial robots, are critical for competitiveness. This article explores diagnostic and monitoring methods, focusing on best practices like continuous monitoring, predictive maintenance, and self-control systems, which reduce unplanned downtime and optimize costs. It also addresses challenges, including organizational, economic, and technical difficulties, as well as data reliability issues. Practical solutions, such as personnel training and system integration, are proposed to enhance production reliability. The study aims to promote the adoption of these methods in the Georgian industry.

Keywords: Production processes, technological devices, diagnostics, monitoring, predictive maintenance, self-monitoring systems, anomaly detection, production efficiency, data reliability, cost optimization.