



Mirjahon G'. ALIQULOV

Tayanch doktorant, Qarshi davlat universiteti, Qarshi, O'zbekiston
E-mail: alikulov.mirjaxon@gmail.com, ORCID:0009-0006-4963-1577

Iqtisod fanlari doktori, dotsent M.Muxitdinova taqrizi asosida

THE IMPACT OF DIGITAL MONITORING AND KPI TRANSPARENCY ON THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

Annotation

This article analytically examines the impact of digital monitoring technologies and key performance indicator (KPI) transparency on the operational efficiency of industrial enterprises, using empirical evidence from manufacturing plants in the Kashkadarya region of Uzbekistan. It proves that collecting operational data alone does not automatically guarantee production performance growth. Practical results require transforming raw operational data into standardized KPIs based on international standards (ISO 22400), identifying systematic deviations from normatives, and establishing structured management workflows. The research utilizes a system-oriented approach, process modeling, comparative analysis, before-and-after assessment, and empirical case studies on "Sultan Tex" LLC and "Asia Golden Oil" LLC. The findings demonstrate that integrating digital monitoring, KPI transparency, and Lean management tools (TPM, SMED) leads to significant improvements in Overall Equipment Effectiveness (OEE), reductions in Mean Time to Repair (MTTR) and changeover duration, and optimization of Inventory Days Outstanding (DIO). A structured operational decision-making framework is proposed.

Key words: Digital monitoring, KPI transparency, operational efficiency, industrial enterprise, OEE, MTTR, DIO, Lean management, TPM, SMED, management decision.

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА И ПРОЗРАЧНОСТИ КРІ НА ОПЕРАЦИОННУЮ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Аннотация

В данной статье анализируется влияние технологий цифрового мониторинга и прозрачности ключевых показателей эффективности (KPI) на операционную деятельность промышленных предприятий на примере эмпирических данных предприятий Кашкадарьинской области. Обосновано, что сам по себе сбор операционных данных не обеспечивает автоматического повышения эффективности производства. Для получения практических результатов необходима трансформация первичных данных в рассчитываемые по единой методике KPI (в соответствии со стандартами ISO 22400), оперативное выявление отклонений и закрепление конкретных управленческих регламентов. В исследовании использованы системный подход, процессное моделирование, сравнительный анализ, оценка «до и после внедрения» и метод кейс-стади на примере ООО «Sultan Tex» и ООО «Asia Golden Oil». Результаты подтверждают, что интеграция цифрового мониторинга, прозрачности KPI и инструментов Lean (TPM, SMED) способствует повышению общей эффективности оборудования (OEE), сокращению времени ремонта (MTTR), ускорению переналадки и оптимизации периода оборачиваемости запасов (DIO). Предложен поэтапный механизм принятия управленческих решений.

Ключевые слова: Цифровой мониторинг, прозрачность KPI, операционная эффективность, промышленное предприятие, OEE, MTTR, DIO, Lean management, TPM, SMED, управленческое решение.

RAQAMLI MONITORING VA KPI SHAFFOFLIGINING SANOAT KORXONALARI OPERATSION SAMARADORLIGIGA TA'SIRI

Annotatsiya

Mazkur maqolada raqamli monitoring texnologiyalari hamda asosiy samaradorlik ko'rsatkichlari (KPI) shaffofligining sanoat korxonalari operatsion samaradorligiga ta'siri Qashqadaryo viloyatida faoliyat yurituvchi ishlab chiqarish korxonalari misolida tahliliy bayon etilgan. Operatsion ma'lumotlarni yig'ishning o'zi ishlab chiqarish samaradorligini avtomatik ravishda oshirmasligi, buning uchun ma'lumotlarni ISO 22400 xalqaro standartlari asosida yagona hisoblash metodikasiga ega KPI ko'rsatkichlariga aylantirish, me'yoriy qiymatlardan og'ishlarni o'z vaqtida aniqlash va mos boshqaruv mexanizmlarini belgilash zarurligi asoslab berilgan. Tadqiqotda tizimli yondashuv, jarayonli modellashirish, qiyosiy tahlil, "joriy etishdan oldin va keyin" baholash hamda keys-stadi usullaridan foydalanilgan. Empirik tahlil "Sultan Tex" MCHJ va "Asia Golden Oil" MCHJ ma'lumotlari asosida amalga oshirilgan. Natijalarga ko'ra, raqamli monitoring, KPI shaffofligi va Lean vositalarining (TPM, SMED) o'zaro integratsiyasi uskunalardan foydalanish samaradorligini (OEE) oshirish, ta'mirlash (MTTR) va qayta sozlash vaqtini qisqartirish hamda tayyor mahsulot va xomashyo zahiralari aylanish muddatini (DIO) maqbullashtirishga xizmat qilishi isbotlangan. Maqolada operatsion ma'lumotlarni izchil qarorlarga aylantiruvchi boshqaruv mexanizmi va amaliy takliflar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: Raqamli monitoring, KPI shaffofligi, operatsion samaradorlik, sanoat korxonasi, OEE, MTTR, DIO, Lean management, TPM, SMED, boshqaruv qarori.

Kirish. Jahon sanoatida raqamli texnologiyalar va sun'iy intellekt elementlarining tezkor joriy etilishi korxonalarni boshqarishda operatsion ma'lumotlarning o'zni va ahamiyatini tubdan o'zgartirmoqda. Ilgari ishlab chiqarish

hajmi, uskunalarining ishlash holati, ta'mirlash davomiyligi, mahsulot sifati va zahiralari harakati haqidagi ma'lumotlar asosan davriy statistik hisobotlarni shakllantirish uchun yig'ilgan bo'lsa, zamonaviy raqamli iqtisodiyot sharoitida ular

tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilishning asosiy strategik resursiga aylanmoqda. Shunga qaramay, amaliyot shuni ko'rsatadiki, ma'lumotlar hajmining keskin ortishi o'z-o'zidan boshqaruv samaradorligini ta'minlay olmaydi. Korxona operatsion ko'rsatkichlarining sifat jihatidan yaxshilanishi ma'lumotlarning qay darajada ishonchli yig'ilishi, yagona hisoblash metodikasi bo'yicha qayta ishlanishi, mas'ul xodimlarga ochiq va tushunarli taqdim etilishi hamda aniq amaliy boshqaruv choralarga aylantirilishiga bevosita bog'liqdir.

O'zbekiston Respublikasida iqtisodiyot tarmoqlari va sanoat korxonalarini raqamlashtirish, ishlab chiqarish jarayonlarining texnologik va operatsion samaradorligini oshirish davlat siyosatining eng ustuvor yo'nalishlaridan biri etib belgilangan. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi PF-6079-son Farmoni bilan tasdiqlangan "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasida raqamli iqtisodiyotni jadal rivojlantirish, sanoat tarmoqlarida zamonaviy axborot tizimlari va avtomatlashtirilgan boshqaruv komplekslarini keng joriy etish, ishlab chiqarish va boshqaruv jarayonlarining shaffofligi hamda samaradorligini sifat jihatdan yangi bosqichga ko'tarish vazifalari belgilangan [1]. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti Shavkat Mirziyoyev ta'kidlaganidek: "Sanoatda unumdorlikni oshirish, mahsulot tannarxini tushirish va raqobatbardoshlikni ta'minlashning birinchi sharti — bu raqamli texnologiyalar va zamonaviy boshqaruv usullarini ishlab chiqarishning har bir bo'g'iniga chuqur tatbiq etishdir".

Shu munosabat bilan, operatsion ma'lumotlarni amaliy qarorlarga aylantirishda asosiy samaradorlik ko'rsatkichlari — KPI (Key Performance Indicators) va ularning shaffofligi hal qiluvchi rol o'ynaydi. ISO 22400 xalqaro standartlarida ishlab chiqarish operatsiyalarini boshqarishga oid KPIlarning umumiy tushunchalari, hisoblash formulalari, o'lchov birliklari va qo'llash tamoyillari tizimlashtirilgan [2]. KPI shaffofligi shunchaki raqamlarni ko'rsatish emas, balki hisoblash metodikasining barcha uchun yagonaligi, ma'lumot manbalarining xolisligi va har bir og'ish bo'yicha mas'uliyat hamda javobgarlik chegaralarining aniq belgilanishini anglatadi.

Mavzuga oid adabiyotlar tahlili. Korxona faoliyatini va operatsion jarayonlarini o'lchash hamda baholash nazariyasiga R.S. Kaplan va D.P. Norton tomonidan kiritilgan Balanced Scorecard (Tenglashtirilgan ko'rsatkichlar tizimi) konsepsiyasi muhim metodologik poydevor bo'lib xizmat qiladi. Mualliflar korxona samaradorligini faqat moliyaviy natijalar bilan baholash yetarsiz ekanligini ko'rsatib, ichki biznes jarayonlar va operatsion ko'rsatkichlarni strategik maqsadlar bilan uzviy bog'lash zarurligini asoslab berganlar [4].

Ishlab chiqarish operatsiyalarini boshqarishda yo'qotishlarni kamaytirish va resurslardan foydalanish samaradorligini oshirishning nazariy va amaliy asoslari T. Ohno [5] hamda J.P. Womack va D.T. Jones [6] tadqiqotlarida Lean production (Tejamkor ishlab chiqarish) tamoyillari orqali shakllantirilgan. R. Shah va P.T. Ward Lean ishlab chiqarishni shunchaki alohida usullar yig'indisi emas, balki o'zaro bog'liq tashkiliy va operatsion amaliyotlar kompleksi sifatida talqin etganlar [7].

Zamonaviy sharoitda Industry 4.0 texnologiyalari va Lean management konseptual yondashuvlarining o'zaro integratsiyasi xalqaro ilmiy hamjamiyat tomonidan faol tadqiq etilmoqda. S.V. Buer, J.O. Strandhagen va F.T.S. Chan tomonidan o'tkazilgan tizimli adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, raqamli texnologiyalar va avtomatlashtirilgan

1-jadval.

monitoring vositalari Lean ishlab chiqarish tamoyillarini almashtirmaydi, aksincha ma'lumotlar shaffofligi va real vaqtdagi nazorat orqali Lean vositalarining samaradorligini keskin oshiradi [9].

D. Kolberg va D. Zühlke tomonidan ilgari surilgan Lean automation konsepsiyasida aqlli datchiklar va markazlashmagan boshqaruv vositalari ishlab chiqarish jarayonlarining moslashuvchanligi hamda tezkorligini oshirishi asoslab berilgan [10]. A. Sanders, C. Elangeswaran va J.P. Wulfsberg Industry 4.0 texnologiyalarini Lean vositalarini qo'llash imkoniyatlarini kengaytiruvchi omil sifatida baholab, raqamli ma'lumot almashinuvi qiymat yaratmaydigan operatsiyalarni (chiqindilar, kutishlar, ortiqcha harakatlar) qisqartirishga xizmat qilishini ta'kidlaydilar.

Ishlab chiqarish uskunalarining integrallashgan samaradorligini baholashda P. Muchiri va L. Pintelon OEE (Overall Equipment Effectiveness) ko'rsatkichining nazariy va amaliy jihatlarini tadqiq etib, ushbu ko'rsatkich uskunaning mavjudligi, ishlash unumdorligi hamda mahsulot sifatini yagona ko'rsatkichda mujassam etishini ko'rsatganlar [12]. Sanoat operatsiyalarida standartlashtirish bo'yicha ISO 22400-1 va ISO 22400-2 standartlari esa ishlab chiqarish KPIlarini hisoblash va ulardan foydalanishning xalqaro huquqiy va uslubiy freymvorkini yaratib bergan [2].

Tadqiqot metodologiyasi. Ushbu tadqiqotning metodologik poydevorini tizimli yondashuv, jarayonli modellash, qiyosiy va statistik tahlil, "joriy etishdan oldin va keyin" (before-and-after analysis) baholash hamda empirik keys-stadi (case study) usullari tashkil etadi.

Tadqiqot obyekti sifatida Qashqadaryo viloyatida faoliyat yurituvchi ikkita yetakchi sanoat korxonasi tanlab olindi:

"Sultan Tex" MCHJ — to'qimachilik va ip-yigiruv tarmog'ida faoliyat yurituvchi, uzluksiz texnologik siklga ega va uskunalar unumdorligi muhim bo'lgan sanoat korxonasi.

"Asia Golden Oil" MCHJ — yog'-moy mahsulotlari ishlab chiqaruvchi, qayta sozlash jarayonlari va xomashyo/tayyor mahsulot zahiralari aylanmasi yuqori ahamiyatga ega bo'lgan qayta ishlash korxonasi.

Tadqiqotda birlamchi va ikkilamchi ma'lumot manbalaridan foydalanildi. Birlamchi ma'lumotlar korxonalarining ishlab chiqarish smena jurnallari, avtomatlashtirilgan uskunalar datchiklari ma'lumotlari va raqamli monitoring panellaridan olindi. Ikkilamchi ma'lumotlar sifatida korxonalarining 2024–2025-yillardagi rasmiy operatsion va texnik hisobotlari hamda Qashqadaryo viloyati hokimligining tegishli ma'lumotnomasi xizmat qildi.

Tadqiqotda operatsion samaradorlikni baholash uchun ISO 22400 standartiga mos keluvchi quyidagi asosiy va kompleks KPI ko'rsatkichlarining uslubiy asoslari qo'llanildi:

Tahlil va natijalar. Tadqiqot doirasida sanoat korxonalarida raqamli monitoring ma'lumotlarini shunchaki statistik ko'rsatkich bo'lib qolishining oldini olish va ularni aniq boshqaruv qarorlariga aylantirish imkonini beruvchi altmish bosqichli boshqaruv mexanizmi asoslandi. Ushbu mexanizm operatsion ma'lumotlarni yig'ish, ularni ISO 22400 standarti bo'yicha KPI ko'rsatkichlariga aylantirish, me'yordan og'ishlarni aniqlash, muammo sababini tahlil qilish, mos Lean vositasi (TPM, SMED va boshqalar) hamda mas'uliyat zanjirini belgilash va yakuniy ko'rsatkichlarni monitoring qilish bosqichlarini uzviy bog'laydi.

O'rganilgan pilot korxonalarda raqamli monitoring tizimi va KPI shaffofligini joriy etish orqali olingan texnik-iqtisodiy va operatsion ko'rsatkichlar tahlili 1-jadvalda keltirilgan.

Pilot korxonalarda raqamli monitoring va Lean vositalarini qo'llash natijalari

Ko'rsatkich nomi	Metodika / O'lovch birligi	"Sultan Tex" MCHJ (Oldin / Keyin)	"Asia Golden Oil" MCHJ (Oldin / Keyin)	Nisbiy o'zgarish (%) / Farq
OEE (Uskunalar samaradorligi)	Integral ko'rsatkich (%)	62% / 71%	58% / 69%	+9% p.p. / +11% p.p.
MTTR (O'rtacha ta'mirlash vaqti)	Soat	5,2 / 4,4	—	-15,4%
Liniyalarni qayta sozlash vaqti	Daqiqa	—	48 / 36	-25,0%
DIO (Zahiralarni aylanish muddati)	Kun / Nisbiy o'zgarish	—	-10% ga qisqardi	-10,0%
Asosiy qo'llanilgan Lean vositasi	Tashkiliy-texnik mexanizm	TPM (Total Productive Maintenance)	SMED (Single-Minute Exchange of Die)	Tizimli joriy etildi

Pilot korxonalarda o'tkazilgan chora-tadbirlar va erishilgan natijalarning batafsil tahlili quyidagilarni ko'rsatdi:

“Sultan Tex” MCHJ keysi: Korxonada raqamli monitoring o'rnatilgunga qadar yigiruv uskunalarining to'xtab qolish sabablari umumiy tarzda qayd etilgan. Monitoring tizimi va KPI shaffofligi joriy etilgach, to'xtashlarning 42 foiz qismi profilaktik xizmat ko'rsatishning kechikishi va kichik mexanik nosozliklar bilan bog'liqligi aniqlandi. Ushbu og'ish bo'yicha TPM (Total Productive Maintenance — Uskunalar yalpi xizmat ko'rsatish) tizimi va operatorlar tomonidan kundalik texnik ko'rik reglamenti joriy etildi. Natijada ta'mirlashning o'rtacha davomiyligi (MTTR) 5,2 soatdan 4,4 soatga qisqardi (15,4 foizga yaxshilandi), OEE ko'rsatkichi esa 62 foizdan 71 foizga ko'tarildi.

“Asia Golden Oil” MCHJ keysi: Qayta ishlash korxonasida asosiy operatsion muammo mahsulot turlarini qadoqlash liniyalarida qayta sozlash vaqtining yuqoriligi (48 daqiqa) hamda omborda tayyor mahsulot zahiralarning toplanib qolishi edi. Raqamli monitoring panellarida qayta sozlash vaqti va tayyor mahsulot aylanmasi (DIO) bo'yicha kunlik shaffof KPilar o'rnatildi. Sozlash jarayoniga SMED (Single-Minute Exchange of Die — Liniyalarni tezkor qayta sozlash) vositasi tatbiq etilishi natijasida qayta sozlash vaqti 36 daqiqagacha (25 foizga) qisqardi. Bu esa liniyaning unumdorligini oshirib, OEE ko'rsatkichini 58 foizdan 69 foizga yetkazish va zahiralarni aylanish muddatini (DIO) 10 foizga maqbullashtirish imkonini berdi.

Xulosa va takliflar. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, sanoat korxonalarda raqamli monitoring texnologiyalarini joriy etishning amaliy samaradorligi faqatgina ma'lumotlarni yig'ish texnik quvvati bilan emas, balki ushbu ma'lumotlarni yagona metodika bo'yicha KPI ko'rsatkichlariga aylantirish, shaffofligini ta'minlash va aniqlangan og'ishlarni tegishli Lean vositalari bilan bog'lovchi boshqaruv mexanizmi bog'liqdir. Qashqadaryo viloyatidagi pilot korxonalarda o'tkazilgan empirik tahlillar

raqamli monitoring, KPI shaffofligi hamda TPM va SMED vositalarining integratsiyasi OEE ko'rsatkichini 9-11 foizli punktga oshirish, ta'mirlash va qayta sozlash vaqtini 15-25 foizga qisqartirish hamda ombor zahiralari aylanmasini 10 foizga maqbullashtirish imkonini berishini tasdiqladi.

Tadqiqot xulosalaridan kelib chiqqan holda, sanoat korxonalarda raqamli monitoring va KPI shaffofligi orqali operatsion samaradorlikni oshirish bo'yicha quyidagi amaliy taklif va tavsiyalar ilgari suriladi:

KPI tizimini ISO 22400 standarti bo'yicha unifikatsiya qilish: Sanoat korxonalarda operatsion monitoringni shunchaki ishlab chiqarish hajmi ko'rsatkichi bilan cheklamay, OEE, MTTR, MTBF, DIO va FPY kabi xalqaro integral ko'rsatkichlar bazasida tashkil etish zarur.

Operatsion reglamentlarni Lean vositalari bilan integratsiya qilish: Raqamli monitoring panelida aniqlangan har bir og'ish turi uchun ichki boshqaruv reglamentini ishlab chiqish va mos Lean vositalarini (TPM, SMED, 5S, Kaizen, Kanban) qo'llash bo'yicha mas'ul xodimlar, muddatlar va javobgarlik zanjirini birkiritish lozim.

Kichik va o'rta korxonalar uchun bosqichma-bosqich raqamlashtirish yondashuvi: Murakkab va yuqori xarajat talab qiluvchi ERP/MES tizimlarini birdaniga joriy etish imkoniyati cheklangan korxonalarda dastlabki bosqichda mavjud elektron jadvallar va standart hisobot shakllarini shaffoflashtirish hamda vizual panellar orqali bosqichma-bosqich monitoring tizimini yaratish maqsadga muvofiq.

Vizuallashtirish va axborot shaffofligini ta'minlash: Ishlab chiqarish sexlari va bo'linmalarida real vaqt rejimida yangilanib turadigan raqamli vizual panellarni (dashboards) o'rnatish orqali xodimlarning operatsion natijalarga daxldorligini oshirish va muammolarni yashirish imkoniyatini bartaraf etish tavsiya etiladi.

ADABIYOTLAR

- O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020-yil 5-oktabrdagi “Raqamli O'zbekiston – 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to'g'risidagi PF-6079-son Farmoni. Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi. URL: <https://lex.uz/docs/-5030957>
- International Organization for Standardization. ISO 22400-1:2014. Automation systems and integration — Key performance indicators for manufacturing operations management — Part 1: Overview, concepts and terminology. Geneva: ISO, 2014. URL: <https://www.iso.org/standard/56847.html>
- International Organization for Standardization. ISO 22400-2:2014. Automation systems and integration — Key performance indicators for manufacturing operations management — Part 2: Definitions and descriptions. Geneva: ISO, 2014. URL: <https://www.iso.org/standard/54497.html>
- Kaplan R.S., Norton D.P. The Balanced Scorecard: Measures that Drive Performance // Harvard Business Review. 1992. Vol. 70, No. 1. P. 71–79. URL: <https://hbr.org/1992/01/the-balanced-scorecard-measures-that-drive-performance-2>
- Ohno T. Toyota Production System: Beyond Large-Scale Production. Portland: Productivity Press, 1988. 176 p
- Womack J.P., Jones D.T. Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in Your Corporation. 2nd ed. New York: Free Press, 2003. 396 p.
- Shah R., Ward P.T. Lean manufacturing: context, practice bundles, and performance // Journal of Operations Management. 2003. Vol. 21, No. 2. P. 129–149. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0272-6963\(02\)00108-0](https://doi.org/10.1016/S0272-6963(02)00108-0)
- Shah R., Ward P.T. Defining and developing measures of lean production // Journal of Operations Management. 2007. Vol. 25, No. 4. P. 785–805. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jom.2007.01.019>
- Buer S.V., Strandhagen J.O., Chan F.T.S. The link between Industry 4.0 and lean manufacturing: mapping current research and establishing a research agenda // International Journal of Production Research. 2018. Vol. 56, No. 8. P. 2924–2940. DOI: <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1442945>
- Kolberg D., Zühlke D. Lean Automation enabled by Industry 4.0 technologies // IFAC-PapersOnLine. 2015. Vol. 48, No. 3. P. 1870–1875. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.359>