

ПРОБЛЕМИ УПРАВЛІННЯ

УДК 338.3+330.3

Й. М. Петрович, Н. С. Савоніна
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра менеджменту організацій

ІННОВАЦІЙНЕ НАПОВНЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВИРОБНИЧОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПРОМИСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ

© Петрович Й. М., Савоніна Н. С., 2018

Висвітлено можливості інноваційного наповнення організування виробничої діяльності промислових підприємств, серед яких: дбайливе виробництво, теорія обмежень та інші заходи. Показано сферу та межі застосування показника загальної ефективності обладнання. Розглянуто взаємозв'язок між показником загальної ефективності обладнання та енергоефективністю виробництва. Охарактеризовано види втрат у виробничому процесі, показано, як ці втрати впливають на рівень та ефективність споживання енергії. Доведено, що адекватне управління устаткуванням дає змогу знизити енергетичні витрати та сприяє впровадженню врівноважених управлінських рішень.

Ключові слова: інновації, організування, виробництво, гнучкість, адаптація, обладнання, ефективність, результативність.

Yo. Petrovych., N Savonina
Lviv Polytechnic National University,
Department of Management of Organizations

INNOVATIVE CONTENT FOR ORGANIZING PRODUCTION ACTIVITIES OF INDUSTRIAL ENTERPRISES

© Petrovych Yo., Savonina N., 2018

The synthesis and coverage of foreign experience in the organization of production at industrial enterprises has a diverse focus and encompasses methods that increase the productivity of their productive activities in various ways. In this context, the Japanese experience of organizing production deserves special attention. The advantages of its application are demonstrated by Japanese companies that are world leaders in terms of achieved product quality, productivity, stock optimization, in-house and other costs.

In the article are considered such methods in the organization of production as lean production, the theory of constraints, and others used for the production of goods and services using various resources and aimed at ensuring defect-free production at a speed that meets the needs of consumers by eliminating unnecessary losses.

The overall efficiency of equipment (OEE) as a system for analyzing the overall efficiency of the equipment is considered. It is designed to control and increase the efficiency of production and is based on the measurement and processing of specific production indicators.

Types of losses that affect the efficiency of the equipment are described. The relationship between OEE and energy efficiency of production is investigated. The high level of defective products that do not meet the quality standards, inefficient production planning, the slow operation of equipment is all a vivid example of the causes of energy losses.

The use of the considered methodologies will allow identifying limiting factors – “bottlenecks” of production activities and determining the degree of achievement of goals as a result of the introduction of modern progressive methods of organizing production activities in the enterprise.

Key words: innovation, organization, production, flexibility, adaptability, equipment, efficiency, performance.

Постановка проблеми

Прискорений науково-технічний прогрес дає змогу нарощувати виробничий потенціал, з одного боку, а з іншого, – зумовлює необхідність удосконалення організування виробничої діяльності, як важливої передумови використання внутрішніх резервів за допомогою інноваційного наповнення організування виробництва. Існує певна неузгодженість між розвитком інноваційного потенціалу підприємств та рівнем його використання у процесі організування виробництва.

Також в останні десятиліття, у зв'язку зі збільшенням витрат на енергію і пов'язаним з цим впливом на навколишнє середовище, енергоефективність виробничих систем стала основною проблемою у багатьох галузях промисловості. Останнім часом чільне місце відведено ролі ефективності обладнання, насамперед через важливість продуктивності обладнання та оптимізації виробничих систем. Потребують подальшого вивчення проблеми взаємозалежності цих складових та їхній вплив на ефективне організування виробничих систем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Теоретичні і практичні аспекти ефективного організування виробництва та оцінку результативності роботи обладнання розглядають багато наукових робіт закордонних і вітчизняних економістів, серед яких [1–12]: О. Амоша, К. Бужимська, С. Бушуєв, В. Геєць, П. Друкер, С. Ілляшенко, Дж. Лайкер, Т. Качала, О. Кузьмін, І. Новаківський, Л. Федулова, Н. Чухрай, В. Яцура та ін. У роботах цих науковців розглядається широкий спектр поглядів щодо вирішення проблем, модернізації та побудови виробничої діяльності за допомогою застосування функціонального, процесного, проектного, програмно-цільового підходів. Крім того, наукові дослідження науковців різних країн та шкіл менеджменту тривалий час розвивалися автономно, тому виникають труднощі в узагальненнях різноманітних підходів та виборі оптимальних із них для впровадження на вітчизняних промислових підприємствах.

Постановка цілей

Інноваційне застосування заходів щодо підвищення ефективності організування діяльності промислових підприємств виробничих систем зумовило постановку і висвітлення таких цілей:

- сформулювати рекомендації щодо застосування сучасних методів для організування виробничої діяльності вітчизняного промислового підприємства;
- показати взаємозв'язок між результативністю роботи обладнання та його енергоефективністю.

Виклад основного матеріалу

Узагальнення і висвітлення зарубіжного досвіду організацій виробництва на промислових підприємствах має різноманітне спрямування та охоплює методи, що підвищують результативність їх виробничої діяльності. У цьому контексті заслуговує на увагу японський досвід організацій виробництва. Переваги його застосування демонструють японські компанії, що є світовими лідерами за досягнутими показниками якості продукції, продуктивності праці, оптимізації запасів, внутрішньовиробничих та інших витрат.

Також високий потенціал розвитку управлінських новацій на основі японського досвіду демонструють не тільки японські, але й провідні європейські та американські підприємства. Це є свідченням того, що прискорений науково-технічний прогрес спонукає підприємства до пошуку та використання сучасних методів підвищення результативності своєї діяльності та виробництва забезпечення їх конкурентоспроможності на внутрішніх і зовнішніх ринках. Отже, промисловим підприємствам необхідно розробляти і запроваджувати у виробництво комплекс заходів інноваційного спрямування з метою підвищення ефективності організації їх виробничої діяльності.

У сучасних умовах економічної і політичної нестабільності підприємствам необхідно реагувати на виклики зовнішнього та внутрішнього середовища, в іншому випадку вони не зможуть підтримувати свою конкурентоспроможність. Очевидно, що в такій ситуації зростає роль здатності підприємств до трансформації, що виходить за межі можливої гнучкості, – це реакція на прояви, які на момент формування організаційно-виробничої системи ще не можна було передбачити.

Інший важливий напрямок – гнучкість як фундаментальна здатність до трансформації сучасної організаційно-виробничої системи – це здатність переходити з одного працездатного функціонального стану в інший за мінімальних витрат і видатків коштів з метою виконання чергового завдання або нової функції. Очевидно, що гнучкість організаційно-виробничих структур охоплює технічні, технологічні, організаційні та економічні аспекти виробництва, а її досягнення є комплексним процесом [8], який потребує оперативного узгодження в сучасних умовах. Досвід передових вітчизняних і зарубіжних підприємств показує, що основними вимогами до організації виробничої діяльності в сучасних умовах є:

- забезпечення якості та стандартизації технологічних виробничих процесів;
- наявність інструментарію формування ланцюгів вартості, оптимізація доданої вартості;
- організація гнучких організаційно-виробничих структур;
- системна конфігурація виробничих потужностей.

Принцип гнучкості організаційно-виробничих структур підприємства полягає у здатності з мінімальними витратами та у короткий термін, не зупиняючи процес діяльності підприємства, здійснювати організацію випуску нового виробу, впровадження новітніх технологій. Отже, сучасні організаційно-виробничі структури повинні бути здатними до саморозвитку, що допоможе їм “виростати із самих себе”.

Важливе місце у вирішенні багатьох питань інноваційного наповнення організації виробничої діяльності належить такому новітньому методу, як “дбайливе виробництво” та теорія обмежень, що виступають інструментом виявлення “вузьких місць” у виробничому процесі.

Зупинимось ґрунтовніше на висвітленні трансформаційних виробничих методів (Toyota Production System (TPS)), що використовуються з метою скорочення виробничого циклу, зменшення виробничих втрат, ефективного контролю якості та процесу безперервного вдосконалення [11].

Виробничі методи “Тойоти” (Toyota Production System – TPS) – сукупність створених компанією “Тойота” методичних заходів, що застосовуються для виробництва товарів та послуг з використанням різноманітних ресурсів та спрямовані на забезпечення бездефектного виробництва зі швидкістю, що відповідає запитам споживачів усуненням зайвих втрат.

“Дбайливе виробництво” (від англ. *lean production, lean manufacturing* – “ощадливе виробництво”) – метод управління виробничим підприємством, що ґрунтується на постійному прагненні до усунення всіх видів втрат. “Дбайливе виробництво” передбачає залучення до процесу оптимізації підприємства кожного працівника і максимальну орієнтацію виробника на споживача. Цей метод виник як інтерпретація ідей компанії “Тойота” американськими дослідниками її феномену [11].

Базовим принципом “дбайливого виробництва” є цінність продукту для кінцевого споживача на кожному етапі його створення. Як основне завдання пропонується створення процесу безперервного усунення втрат, тобто усунення будь-яких дій, що споживають ресурси, але не створюють цінності для споживача. Уся діяльність підприємства поділяється на операції та процеси, що додають цінність для споживача, і операції та процеси, що не додають цінності. Основним завданням “дбайливого виробництва” та виробничих методів “Тойоти” є скорочення процесів та операцій, що не додають цінності [11].

Американські вчені Джеймс Вумек і Деніел Джонс в [11] описують суть “дбайливого виробництва” як процес, що включає п’ять етапів:

1. Визначити цінність конкретного продукту.
2. Визначити потік створення цінності для цього продукту.
3. Забезпечити безперервний потік створення цінності продукту.
4. Дозволити споживачу “витягувати” продукт.
5. Прагнути до досконалості.

Зауважимо, що з погляду виробничих методів “Тойоти” та “дбайливого виробництва”, виділяють вісім основних видів втрат – дій або витрат, що не додають цінності під час виконання виробничих і бізнеспроцесів: надлишкове транспортування, запаси, зайві рухи, очікування, перевиробництво, надлишкова обробка, брак та дефекти, нереалізований потенціал працівників [12, 13].

У процесі вдосконалення виробничої діяльності підприємства його менеджмент постає перед необхідністю прийняття рішення, на що саме направляти ресурси: на оновлення обладнання, покращення якості, зменшення часу простоїв, а також, на якій стадії та з якою періодичністю оцінювати ефективність виробничого процесу. Насамперед потрібно фокусуватися на аналізованні обмеження, яке є точкою опори усього виробничого процесу. Такий підхід дає змогу найоптимальніше розподіляти ресурси підприємства, виділені для модернізації його виробничої діяльності на інноваційних засадах.

Зазначимо, що “теорія обмежень” (Theory of Constraints) – це метод для виявлення найважливіших лімітуючих чинників (обмежень), які виникають у процесі досягнення мети, а також їх систематичне усунення в результаті застосування новітніх технологій і методів організації виробництва до того часу, доки обмеження не перестане бути лімітуючим чинником виробничого процесу. Після цього у виробничому процесі повинно бути ідентифіковане та усунуте нове обмеження (“вузьке місце”).

“Теорія обмежень” пояснює науковий підхід щодо вдосконалення виробничої діяльності. Згідно з цим підходом кожна складна система, включаючи виробничу діяльність, складається із певної кількості взаємопов’язаних операцій, які утворюють “ланцюг”. Одна з операцій функціонує як обмеження щодо всієї системи, тобто ця блокуюча операція є “найслабшою ланкою у ланцюзі”.

Теорія обмежень вперше була запроваджена ізраїльським фізиком Емілією Голдрат у 1984 році у романі “Ціль” та розвинена далі у широкий набір інструментів та методів, які застосовуються в удосконаленні організації виробництва.

Теорія обмежень побудована на методологічних засадах, які дають змогу усунути обмеження, та ґрунтується на п’яти кроках, що становлять циклічний процес, який схематично показано на рис. 1.



Рис. 1. “Теорія обмежень” для виявлення та усунення “вузьких місць”, яка сфокусована на 5 кроках
Джерело: складено за даними [12, 13]

Першим кроком є виявлення обмеження. Цей крок є доволі простим та надзвичайно важливим, часто необхідно ґрунтовно вивчити та проаналізувати виробничий процес і знайти в його побудові обмеження. Можливі корисні джерела та індикатори виявлення “вузьких місць” подано у таблиці.

Індикатори виявлення “вузьких місць” у виробничому процесі

Індикатор оцінки	Сутнісна характеристика обмеження
Незавершені роботи	Увагу повинно привернути велике скупчення “роботи в процесі” на виробничій площі, безпосередньо перед обмеженнями часто накопичується робочий інвентар
Робота диспетчерів	Необхідно звернути увагу на ділянки, де найчастіше залучені диспетчери виробничих процесів. Часто на таких ділянках необхідна їхня посилена увага для гарантії того, що критичні замовлення будуть вчасно завершені
Завантаження обладнання	Необхідно зібрати дані щодо продуктивності роботи устаткування для того, щоб визначити, яке обладнання має найдовшу середню тривалість операційного функціонування та є завантаженим найбільше. На таких ділянках найчастіше виникатиме потреба управління через унікальні поєднання критичності і проблем
Оператори виробництва	Потрібно опитати операторів, де, на їхню думку, обладнання не справляється з виконанням завдань. Потрібно проаналізувати роботу саме цього обладнання, а також запропонувати заходи щодо покращення його роботи

Джерело: [11, 13].

Завершальним етапом цього кроку є виявлення однієї ділянки обладнання, яка гальмує пропускну спроможність відповідної виробничої ділянки. У разі неправильного визначення підвищення продуктивності помилкового обмеження дасть можливість швидко виявити реальне обмеження, щоб підвищити інші показники.

Важливим чинником інноваційного наповнення організації виробництва є застосування методу загальної ефективності обладнання. Для більшості підприємств “золотим стандартом” для вимірювання продуктивності виробництва є показник загальної ефективності обладнання (ОЕЕ – overall equipment effectiveness), тобто система аналізу загальної ефективності роботи обладнання, призначена для контролю та підвищення ефективності виробництва, що ґрунтується на вимірюванні і обробленні конкретних виробничих показників [13].

Складністю під час вимірювання втрат, які мають вплив на обмеження, є розподіл цих втрат на три групи:

1. Внутрішні втрати – втрати виробничого часу, спричинені самими обмеженнями. Ці втрати і є обмеженнями.

2. Зовнішні втрати – втрачений час виробництва на обмеження, викликані проблемами, які виникають до або після цього обмеження. Ці втрати належать до відповідального етапу перед обмеженням, або після нього.

3. Збої графіків виробництва – втрати виробничого часу через обмеження, які не були попередньо сплановані у графіку. Ці втрати пов’язані із персоналом, залученим у виробництво.

Надзвичайно важливими є питання розуміння природи зовнішніх втрат, які є витраченим часом виробництва на обмеження, які, своєю чергою, спричинені втратами, пов’язаними з роботою обладнання, яке не є обмеженням. Зовнішні витрати можуть:

- зупиняти виробництво як обмеження (втрати придатності);
- сповільнювати виробництво (втрати продуктивності);
- викликати необхідність додаткового виробітку складових виробів для заміни браку, спричиненого на наступній операції виробничого процесу (втрати якості).

Згідно з [13], ОЕЕ відображає загальну ефективність роботи обладнання. По суті, кінцева кількість показника ОЕЕ означає міру використання обладнання. Він може застосовуватись для оцінювання використання устаткування на рівні робочих місць, груп обладнання чи виробничих ліній загалом.

Показник загальної ефективності обладнання є важливим інструментарієм у способах контролю і покращення ефективності виробничих процесів, а саме: машин, обладнання, виробничих модулів, складальних ліній тощо.

Розрахунок показника OEE відбувається на основі трьох основних складових: завантаженості обладнання (доступність), вчасно виробленої продукції (продуктивність), частки відповідної продукції (якість) [13]. Ці три компоненти розраховуються у відсотках, які під час множення забезпечують формування єдиного цілісного показника – OEE, розмірність якого виражається у відсотках. Розрахунок єдиного показника OEE дає можливість за допомогою простої формули вимірювати та порівнювати показники OEE для різних видів робіт, щоб виявити, які операції виконуються ефективно, а які ні, а також порівнювати між собою технологічні модулі, виробничі лінії і, зрештою, цілі аналогічного підприємства. За наявної інформації можливо також порівняти галузеві підприємства, визначити лідерів, вивчити їхній передовий досвід господарювання та впроваджувати його на інших підприємствах.



Рис. 2. Схема формування загальної ефективності роботи обладнання
 Джерело: [13].

Під час розрахунку рівня доступності обладнання беруться до уваги втрати часу, які пов'язані з подіями, що зупиняють запланований виробничий процес на певний період часу. До таких втрат належать:

1. *Втрати через незаплановані поломки, простої та перерви.* Простої обладнання з технічних причин є результатом будь-яких збоїв у роботі обладнання, що впливають на виробничий процес, і включає простої, пов'язані з роботою допоміжного обладнання, комунальними послугами, відмовою обладнання через неправильну експлуатацію, бруд і подряпини, що виникли внаслідок роботи обладнання. Експлуатаційний простій виникає через непередбачувані специфікації процедур, помилки операторів тощо. Простої через втрати якості охоплює проблеми, викликані неякісною роботою постачальників, неякісною сировиною, збоями у системах контролю, позаплановими перевітками, забрудненнями від продукту чи процесу тощо.

2. *Пусконаладжувальні та переналагоджувальні втрати.* Час, витрачений для налаштування лінії, переоснащення або перехід до виробництва продукції іншого виду. Час зупинки: як плановий, так і позаплановий час, що включає заплановані операції, пов'язані безпосередньо з експлуатацією обладнання, наприклад, зміна продукції, стандартна перевірка, планове завантаження матеріалів, необхідне за описом процесу. Вимушена зупинка включає незапланований час простою лінії через зовнішні причини: недостачу сировини, брак обслуговуючого персоналу, незаплановані наради, відсутність місця на складі тощо.

Втрати продуктивності – відсоток зменшення показника OEE внаслідок роботи обладнання з нижчою швидкістю, ніж очікувалося, для виробництва продукту відповідного розміру і формату.

Втрати швидкості можуть виникати через зношеність обладнання, неякісні матеріали, неефективну роботу оператора. До втрат швидкості належать:

1. *Втрати через незначні зупинки та зайву роботу, спричинені тимчасовими збоями*, які перешкоджають потоку продукції, або *короткотривалими простоями*, під час яких споживається стільки енергії, скільки й під час роботи обладнання на ідеальній швидкості. Оскільки ці зупинки є короткочасні, то до них не будуть застосовуватися вимикальні дії, на відміну від інших випадків, коли перерви в роботі обладнання є довшими. Адже не варто зупиняти пристрій для мікрозупинки, враховуючи подальший запуск процесу з більшими витратами енергії.

2. *Робота на зниженій швидкості*. Це втрати, пов'язані з фазою, яка проходить від увімкнення обладнання до того часу, поки це обладнання не почне працювати на повну швидкість.

Продуктивність вимірюється відношенням фактично досягнутого рівня виробництва до планового рівня виробництва (максимально можливого за наявного обладнання). Робочий час, який залишається після врахування втрат швидкості, становить чистий операційний час.

Наступний чинник під час розрахунку ОЕЕ – це рівень якості, який становить просте співвідношення кількості виробленої якісної продукції до загальної кількості виробленої продукції за певний період часу (зміну, день, тиждень, рік). Дискусійним є питання включення до втрат планового рівня бракованої продукції. Робочий час, який залишився після врахування втрат через якість, називається чистим виробничим ОЕЕ і вимірюється у відсотках та обчислюється за такою формулою [13]:

$$\text{ОЕЕ} = \text{Завантаженість} \times \text{Продуктивність} \times \text{Якість}. \quad (1)$$

Часто підвищення ефективності роботи обладнання має незначний ефект або він зовсім відсутній, тому що на вищій швидкості виготовлення продукції збільшується кількість бракованих виробів. Іншою причиною неоптимального виробництва є час, необхідний для переналагодження обладнання. Якщо не вся вироблена продукція є відповідною, то частина потужності витрачається на виробництво бракованої продукції. ОЕЕ вказує на те, наскільки ефективно досліджувана одиниця обладнання використовується порівняно з ідеальним варіантом без жодних втрат (ОЕЕ = 100 %).

Згідно з кращими світовими практиками, еталоном для кожної складової може бути інша мета, наприклад:

- доступність – 90 %;
- продуктивність – 95 %;
- якість – 99,9 %.

Отже, можна оцінювати функціонування техніко-технологічної бази приладобудівного підприємства на основі таких показників: завантаженості обладнання, виготовлення придатної продукції, використання виробничої потужності, фондівіддачі, оновлення основних засобів.

Наступні заходи повинні спрямовуватися на усунення “вузьких місць”. Проте не усі дії повинні спрямовуватися безпосередньо на їхні обмеження, важливим є також усунення зовнішніх втрат, які передують безпосереднім внутрішнім обмеженням. Тому потрібно фокусуватися не на оптимізації використання обладнання, яке фактично не є обмеженням, а на обладнанні, яке безпосередньо впливає на ці обмеження. Інші втрати (обладнання, яке не є обмеженням) повинні бути другорядними в порядку усунення.

Після того, як “вузьке місце” ліквідоване, процес ніколи не звершується, а продовжується циклічно, тобто ідентифікується нове обмеження. У результаті обмеження продовжує діяти за межами виробничого процесу на ринках до того часу, поки пропускна спроможність обладнання підприємства не перевищуватиме необхідний попит на готову продукцію.

У короткостроковому періоді “теорія обмежень” дає відповіді менеджменту підприємства на запитання, де вимірювати і підвищувати продуктивність процесу, усуваючи обмеження. У довготерміновому періоді вона дає змогу акумулювати та спрямовувати ресурси там, де вони матимуть найбільший ефект для зростання пропускної спроможності і продуктивності оновлення організації процесів.

Важливим етапом у вирішенні проблем інноваційного наповнення організації виробничої діяльності промислових підприємств є кореляція між загальною ефективністю обладнання (ОЕЕ) і споживанням енергії.

Неефективне використання обладнання вимагає більшої кількості енергії, наприклад, задіяне у випуску значної кількості бракованої продукції та працює не оптимально згідно з визначеним технологічним процесом. Також очевидним є той факт, що високий рівень браку потрібно вважати як втрати часу на виробництво непридатної продукції, що супроводжується витратами енергії, які не будуть відшкодовані.

Досліджуючи глибинні зв'язки між підвищенням індексу загальної ефективності обладнання (ОЕЕ) та економією енергії, пов'язаної з ним, можна кількісно підрахувати неефективність не тільки з точки зору індексу загальної ефективності обладнання – ОЕЕ, але й з погляду використання енергії.

Наприклад, “вузьке місце” певного виду обладнання, яке пошкоджується або працює повільно у виробничому підрозділі, має вплив не тільки на показник зниження продуктивності, але й на показник споживання енергії. Адже під час налаштування та переналагодження інструментів та обладнання, яке тримають під напругою навіть під час його простою, безрезультатно та неконтрольовано витрачається велика кількість енергії. Як наслідок, оптимізація “вузьких місць” з погляду індексу ОЕЕ призведе не тільки до приросту продуктивності, але й впливатиме безпосередньо на зниження споживання енергії та її раціональне використання.

Існує багато обґрунтованих науковцями напрямів щодо енергозбереження та зниження впливу його впливу на вартість виробництва. Концептуально можемо виділити тільки два взаємодоповнювальні підходи [10]:

- підвищення енергоефективності обладнання (стосується скорочення енергоспоживання і включає заміну пристроїв або частину з них на енергоефективніші);
- підвищення продуктивності роботи устаткування (моніторинг і поліпшення показника ОЕЕ для виявлення та усунення втрат).

На практиці більшість заходів, направлених на зниження споживання енергії, зосереджені на її економії за допомогою поліпшення технічної оснащеності підприємства і обладнання (наприклад, для досягнення підвищення виробничої потужності обладнання). Водночас такі рішення у сфері енергоефективності можуть гарантувати істотну економію під час роботи на устаткуванні з певною номінальною потужністю, в той час, як додаткове енергозбереження може бути досягнуте за рахунок оптимізації загальної продуктивності процесу.

Варто зазначити, що у той час, як такі рішення енергоефективності можуть гарантувати істотну економію під час роботи на устаткуванні певною номінальною потужністю, додаткове енергозбереження може бути досягнуте за рахунок оптимізації обсягів виробництва і виробничого процесу.

Досвід показує, що чинники, які знижують ефективність виробничого процесу також негативно впливають на споживання енергії. Високий рівень бракованої продукції, яка не відповідає стандартам якості, неефективне планування виробництва, повільна робота обладнання – це все є яскравими прикладами причин втрати енергії. Тому, орієнтуючись виключно на економію за рахунок збільшення енергоефективності машин та обладнання, ми маємо обмежені можливості для поліпшення, якщо можливості оптимізації саме індексу продуктивності не враховуються.

У процесі виробництва продукції на підприємствах спостерігається за період лінійної залежності між загальним споживанням енергії та обсягом виробництва, що може бути подано у вигляді такої формули:

$$E = E_0 + \alpha \times N, \quad (2)$$

де E – загальне споживання енергії протягом певного періоду, кВт; E_0 – стандартна кількість енергії, яка споживається в процесі незалежно від рівня виробництва (електричне опалення, двигуни, які постійно працюють); α – коефіцієнт, що виражає теоретичне покращення споживання енергії для виробництва однієї додаткової одиниці продукції; N – обсяг виробництва.

Важливо відзначити, що за умови незмінного часу завантаження обладнання обсяг виробництва змінюється залежно від індексу ОЕЕ, що є метрикою для вимірювання того, наскільки ефективно працює система. Якщо індекс ОЕЕ збільшується, то це означає зростання обсягу

виробленої продукції за менші ресурси в аналізованому періоді; також збільшення цього індексу впливає на енергетичну ефективність системи.

Якщо індекс ОЕЕ за однакового рівня виробництва є однаковим, варіація споживання енергії може залежати від типу втрат (наприклад, зменшення індексу зумовлено зупинками, повільною роботою обладнання або поламами).

Безперервний контроль витрат енергії та інших ресурсів може здійснюватися за допомогою статистичних інструментів, наприклад, статистичного контролю процесу за допомогою контрольних карт Шухарта, побудовою графіків, які показують стабільність процесу, відхиленням від стандарту тощо. Контрольні карти Шухарта за допомогою певного набору послідовних значень процесу відображають порівняння фактичного споживання протягом періоду часу і цільових значень (стандарт споживання), вони є корисними під час виявлення зміни у продуктивності та економії відходів, які понесені на певну дату.

Висновки

Використання розглянутих методологій дасть змогу виявляти лімітуючі чинники – “вузькі місця” виробничої діяльності та визначати ступінь досягнення цілей у результаті впровадження сучасних прогресивних методів організації виробничої діяльності на підприємстві.

Світовий досвід вдосконалення виробництва охоплює багато підходів та методів, що підвищують ефективність організації виробничої діяльності, насамперед за допомогою усунення “зайвих” витрат виробництва та використання інших способів підвищення його продуктивності. Кожен з перерахованих типів втрат спричиняє втрати енергії, які не приносять цінності у процесі виробництва. Усі втрати спричиняють недостатнє використання пропускнуої здатності обладнання, а також збільшують споживання енергії. Промисловість часто інвестує в додаткові потужності, не знаючи, що збільшення виробництва до бажаного рівня можна досягти за допомогою підвищення індексу ОЕЕ поточних неефективних виробничих ліній. Крім того, такий спосіб підкреслює важливість поліпшення чинника ОЕЕ, не вкладаючи кошти у додаткові ресурси. Адекватне управління устаткуванням дає змогу знизити енергетичні витрати та сприяє впровадженню врівноваженішого рішення.

Перспективи подальших досліджень

Подальші дослідження будуть спрямовані на апробацію цих висновків щодо реалізації програмного забезпечення для моделювання аналізу впливу показника ОЕЕ та енергоефективності виробництва. Це дало б можливість отримати точнішу інформацію та математичні співвідношення для вимірювання відношення енергії до ефективності проведення тих чи інших заходів.

1. Алимов О. М. (2014). *Перший етап модернізації економіки України : досвід та проблеми* / О. М. Алимов, О.І. Амоша та ін.; за заг. ред. В.І. Ляшенка ; ІЕП НАН України, КПУ. – Запоріжжя: КПУ, 798 с. 2. Бужимська К. О. (2009), *Модернізація економіки: технологічно-структурний аспект* / К. О. Бужимська // *Вісник ЖДТУ* – № 3 (49). – С. 214–217. 3. Валінкевич Н. В. (2012). *Управління потенціалом та розвитком підприємств на основі модернізації* / Н. В. Валінкевич // *Вісник Чернівецького торговельно-економічного інституту*. – № 1 (45). – С. 128–134 4. Гальків Л. І. (2010), *Економічна статистика: навч. посіб.* / Л. І. Гальків, Н. П. Лутчин, Б. С. Москаль. – Львів: “Новий світ-2000”, 400 с. 5. Захарін С. В. (2013). *Інвестиційне забезпечення інноваційного й технологічного розвитку промислових підприємств* / С. В. Захарін / *Стратегія підприємства: адаптація організацій до впливу світових суспільно-економічних процесів: моногр.* – К.: КНЕУ. – С. 147–159. 6. Захарченко В. І. (2011). *Инновационное развитие в Украине: наука, технология, практика : моногр.* / В. І. Захарченко, Н. Н. Меркулов, Л. В. Ширяева. – Одеса : Фаворит. – 598 с. 7. Кузьмин О. Е. (2013). *Кластеры как важный фактор привлечения инвестиций на промышленные предприятия* / О. Е. Кузьмин, Л. А. Саталкина // *Бизнес информ.* – № 4. – С. 127–134. 8. Петрович Й. М. (2012). *Сутнісна характеристика поняття модернізації підприємства в системі економічних категорій* / Й. М. Петрович, Н. С. Луцак // *Вісник Нац. ун-ту “Львівська*

політехніка”. – № 748 : Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення і проблеми розвитку. – С. 199–206 9. Федулова Л. І. (2008). Технологічна модернізація промисловості України / Л. І. Федулова, І. А. Шовкун, С. В. Захарін та ін.; за ред. : Л. І. Федулова; Нац. акад. наук України, Держ. установа “Ін-т економіки та прогнозування”. – К. : Четверта хвиля. – 471 с. 10. Cesarotti V., Di Silvio B., Inrona V., (2009). Energybudgeting and control: A new approach for an industrial plant. *International Journal of Energy Sector Management*. Volume 3, Issue 2, 26 June 2009, 131–156. 11. Liker Jeffrey (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* / J. Liker-McGraw-Hill: 1 edition, December 17, 330 p. 12. Peter F. Drucker (2001). *Management Challenges for the 21st Century* / P. Drucker: Harper Business, 224 p. 12. Petrovich J. M. and Novakivskii I. I. (2012). Modern concept of a model design of an organizational system of enterprise management, *Econtechmod: an international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes*. Vol.1. – No.4 Lublin, Lviv, Rzeszów, 41–48. 13. What is Overall Equipment Effectiveness? Free resources and fresh perspectives on OEE. [online]. Available at <http://.oee.com>> [Дата звернення 23 серпня 2016].

1. Alymov O. M. (2014). *Pershyy etap modernizatsiyi ekonomiky Ukrainy : dosvid ta problemy [The first phase of modernization of Ukraines economy: experience and problems: monograph]* IEP NAN Ukrainy, KPU. Zaporizhzhya. [in Ukrainian]. 2. Buzhynska K. O. (2009). *Modernizatsiya ekonomiky: tekhnolohichno-strukturnyy aspekt [Modernization of the economy, technological and structural aspect]* *Visnyk ZhDTU [Bulletin of ZhDTU]*, 3(49). [in Ukrainian]. 3. Valinkevych N. V. (2012). *Upravlinnya potentsialom ta rozvytkom pidpryyemstv na osnovi modernizatsiyi [Management capacity and enterprise development based on modernization]*. *Visnyk Chernivetskoho torhovelno-ekonomichnoho instytutu. [Bulletin of Chernivtsi Trade and Economic Institute]* , 1(45). [in Ukrainian]. 4. Galkiv L. I. *Ekonomichna statystyka: Navchalnyj posibnyk [Economic statistics: Textbook]*/ L. I. Galkiv, N. P. Lutchny, B. S. Moskal'. – Lviv: “Novyj svit-2000”, 2010. – 400s. [in Ukrainian]. 5. Zakharin S. V. (2013). *Investytsiyne zabezpechennya innovatsiynoho y tekhnolohichnoho rozvytku promyslovykh pidpryyemstv [Investment implementation innovation and technological development of industrial enterprises] Stratehiya pidpryyemstva: adaptatsiya orhanizatsiy do vplyvu svitovykh suspilno-ekonomichnykh protsesiv monohrafiya. [Business Strategy: adapting organizations to leverage global socio-economic processes monograph]* Kiev: KNEU. [in Ukrainian]. 6. Zakharchenko V. Y. (2011). *Ynnovatsyonnoe razvytye v Ukrainy : nauka, tekhnolohyya, praktyka : monohrafiya. [Innovation development in Ukraine monograph]* Odessa : Favoryt [Odessa: Favorite]. [in Russian]. 7. Kuzmyn O. E. (2013). *Klasteru kak vazhnyy faktor pryvlechenyya ynvestytsyy na promyshlennyye predpryyatyya [Clusters are an important factor in attracting investments to industrial]* *Byznes ynform [Business Inform]*, 4. [in Ukrainian]. 8. Petrovych Y. M. (2012). *Sumisna kharakterystyka ponyattya modernizatsiyi pidpryyemstva v systemi ekonomichnykh katehoriy [The essential characteristics of the concept of modernization in the economic categories]* *Visnyk Natsionalnoho universytetu “Lvivska politekhnika” [Bulletin of the National University “Lviv Polytechnic”]*, 748. [in Ukrainian]. 9. Fedulova L. I. (2008). *Tekhnolohichna modernizatsiya promyslovosti Ukrainy [Technological upgrading industries Ukraine]* *Nats. akad. nauk Ukrainy, Derzh. ustanova “In-t ekonomiky ta prohnozuvannya” [Nat. Acad. Science of Ukraine, State. Institution “Institute of Economics and Forecasting”]*. Kiev: Chetverta khvylya. 10. Cesarotti, V., Di Silvio, B., Inrona, V., (2009). *Energybudgeting and control: A new approach for an industrial plant. International Journal of Energy Sector Management*. Volume 3, Issue 2, 26 June 2009, 131–156. 11. Liker Jeffrey (2003). *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer* / J. Liker- McGraw-Hill: 1 edition, December 17, 2003. – 330 p. 12. Peter F. Drucker (2001). *Management Challenges for the 21st Century* / P. Drucker: Harper Business, – 224 p. 12. Petrovich J. M. and Novakivskii I. I. (2012). *Modern concept of a model design of an organizational system of enterprise management. Econtechmod: an international quarterly journal on economics in technology, new technologies and modelling processes*. Vol.1. No. 4 Lublin, Lviv, Rzeszów, 41–48. 13. What is Overall Equipment Effectiveness? Free resources and fresh perspectives on OEE. Retrived from: <http://.oee.com> [Date 23 August 2016].