

УДК 658.51

DOI: <https://doi.org/10.32782/2708-0366/2023.15.26>**Сеник Ю.І.**

кандидат біологічних наук, старший викладач  
кафедри екології та охорони здоров'я,  
старший викладач кафедри підприємництва і торгівлі,  
Західноукраїнський національний університет;  
начальник фізико-хімічної лабораторії  
ПрАТ «Тернопільський молокозавод»  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8164-7783>

**Senyk Yurii**

West Ukrainian National University;  
PJSC "Ternopil Milk Factory"

## МЕТОД «SMED», ЯК ОДИН З ЕЛЕМЕНТІВ ОЩАДЛИВОГО ВИРОБНИЦТВА

## THE "SMED" METHOD AS ONE OF THE ELEMENTS OF LEAN PRODUCTION

У статті викладено загальну характеристику поняття «SMED», головним завданням цього методу є стандартизація будь-якого процесу на виробництві чи поза ним. Для розробки SMED використовуються як інструкції та технічна документація від виробника технологічного обладнання, так і передові розробки в технічній галузі та наявний практичний досвід на підприємстві. Виділено та проаналізовано алгоритм розробки та реалізації методології SMED: 1) Підбір членів крос-функціональної групи та формулювання завдань; 2) Перевірка наявного стану процесу налаштування чи переналаштування обладнання; 3) Аналіз отриманих результатів та ідентифікація процесів на «зовнішні» і «внутрішні»; 4) Розробка нової схеми роботи з обладнанням; 5) Перевірка ефективності розробленого алгоритму дій; 6) Впровадження в роботу ділянки нового механізму роботи. Окрім цього розглянуто один з підходів аналізу якості проведення виробничих процесів згідно SMED – діаграму спагеті («Spaghetti Diagram»), яка дозволяє зрозуміти проходження виробничого процесу у фізичному просторі та зафіксувати рух працівників при виконанні необхідних маніпуляцій. Впровадження методу «SMED» забезпечить зменшення часу на виконання виробничих процесів та, відповідно, їх стандартизацію, що, в кінцевому результаті, зумовлює випуск продукції однієї якості. Впровадження цієї системи зменшить зайві втрати підприємства на додатковій обробці готового продукту, збільшить час ефективної роботи працівників на робочому місці та сформує потік цінності, що забезпечить підвищення конкурентоспроможності підприємства загалом.

**Ключові слова:** оцщадливе виробництво, SMED, підвищення конкурентоздатність, діаграма спагеті, налаштування чи переналаштування обладнання.

To achieve business goals, a number of global practices have been developed, one of which is lean production. The methods of this system ensure an increase in the operational efficiency of the enterprise and, accordingly, its competitiveness. Many organizations are aware of the importance of using lean production, but only a few of them competently apply Lean tools in their practice and, accordingly, receive profit from innovation. Lean manufacturing ensures the systematic elimination of costs and non-value-added activities in all areas of the value stream of manufacturing a product. Such changes in the production process will ensure the efficiency of the organization and increase its competitiveness. The purpose of the article is a theoretical analysis of "SMED" as one of the methods of lean production, as well as consideration of the elements of its implementation in the production process to increase the competitiveness of the enterprise. The article describes the general characteristics of the concept of "SMED", the main task of this method is the standardization of any process in production or outside it. For the development of SMED, both instructions and technical documentation from the manufacturer of technological equipment, as well as advanced developments in the technical field and available practical experience at the enterprise are used. The algorithm for the development and implementation of the

*SMED methodology was identified and analyzed: 1) Selection of members of the cross-functional group and formulation of tasks; 2) Checking the current state of the equipment configuration or reconfiguration process; 3) Analysis of the obtained results and identification of "external" and "internal" processes; 4) Development of a new scheme for working with equipment; 5) Checking the effectiveness of the developed action algorithm; 6) Implementation of a new work mechanism in the precinct. In addition, one of the approaches to analyzing the quality of production processes according to SMED, the Spaghetti Diagram, is considered, which allows you to understand the passage of the production process in physical space and record the movement of workers when performing the necessary manipulations. The implementation of the "SMED" method will ensure a reduction in the time required for the execution of production processes and, accordingly, their standardization, which, as a final result, leads to the production of products of the same quality. The implementation of this system will reduce unnecessary losses of the enterprise on additional processing of the finished product, increase the time of effective work of employees at the workplace and form a flow of value, which will ensure an increase in the competitiveness of the enterprise in general.*

**Key words:** lean production, SMED, increasing competitiveness, spaghetti diagram, adjustment or re-adjustment of equipment.

**Постановка проблеми.** Будь-який бізнес передбачає отримання фінансової вигоди від своєї діяльності та розвиток свого виробництва для розширення. Одним з найпростіших і часто застосовуваних підходів є спроба збільшення продажів власної продукції завдяки інтенсифікації виробництва. Однак помилково вважати, що зі збільшенням продажів прибуток неминуче зросте, адже збільшення кількості виготовленої продукції пов'язано з накопиченням браку, а також, ймовірно, зниженням якості продукції, для зменшення собівартості, та збільшення витрат на утримання системи у гомеостазі [5; 9]. Альтернативним виходом з цієї ситуації є скорочення витрат і, відповідно, зниження собівартості продукції. Конкурентна перевага продукції може бути зумовлена лише високою якістю та низькими витратами на її виготовлення [4].

Для досягнення цієї цілі розроблено ряд світових практик, однією з яких є ошадливе виробництво. Методи цієї системи забезпечують підвищення операційної ефективності підприємства та, відповідно, його конкурентоспроможність [15]. Багато організацій усвідомлюють важливість застосування ошадливого виробництва проте лише деякі з них грамотно застосовують Lean-інструменти у своїй практиці і, відповідно, отримують зиск з інновації [6]. Ошадливе виробництво забезпечує систематичне усунення витрат та діяльності без доданої вартості у всіх сферах потоку вартості виготовлення продукту. Такі зміни у виробничому процесі забезпечать ефективність організації та підвищать її конкурентоздатність [8].

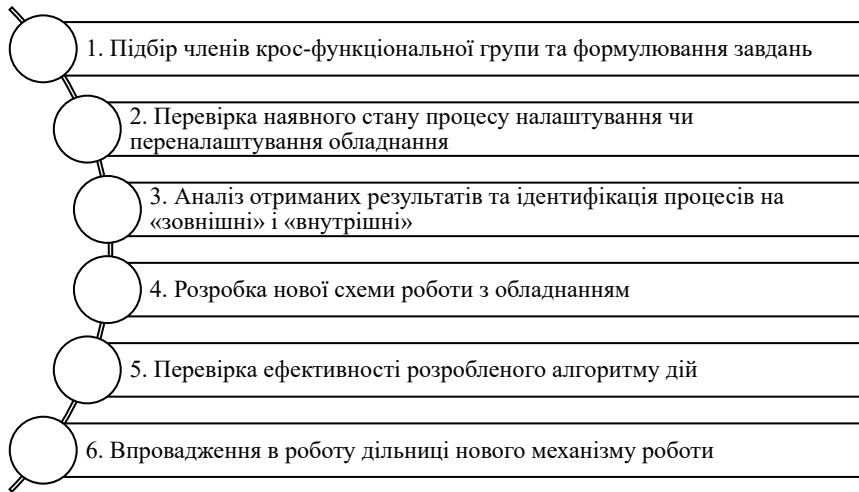
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблематику впровадження ошадливого виробництва піднімали у своїх наукових дослідженнях науковці, зокрема: Swenseth S.R., Godfrey M.R. [22], Martins M. та інші [10], Sousa E. та інші [13], Казьмина І.В. [1], Клочков Ю.П. [2], Кане М.М. та інші [7]. Розглянуто загальні принципи впровадження ошадливого виробництва для працівників виробничої сфери, проте ґрунтовнішого дослідження потребують питання теоретичного аналізу окремих практик Lean, таких як метод «SMED», їх адаптації та впровадження до виробничого процесу в Україні.

**Постановка завдання.** Метою статті є теоретичний аналіз «SMED», як одного з методів ошадливого виробництва, а також розгляд елементів його впровадження у виробничий процес для підвищення конкурентоздатності підприємства.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Одним з методів скорочення втрат згідно системи Lean, але не менш важливим є «SMED» (Single-Minute Exchange of Die) – стандартизація будь-якого процесу на виробництві чи поза ним. Для розробки SMED використовуються як інструкції та технічна документація від виробника технологічного обладнання, так і передові розробки в технічній галузі та наявний практичний досвід на підприємстві [10]. Робочий документ розроблений для зменшення

втрата під час налаштування, переналаштування чи інших маніпуляцій з технологічним обладнанням [13] та має на меті зменшення варіативності термінального продукту підприємства [12; 21].

Для реалізації цієї методології рядом авторів [16; 17] пропонується дотримуватися алгоритму дій, представленою на рисунку. Першим етапом цього процесу є підбір членів крос-функціональної групи, які володіють достатніми знаннями та практичними вміннями роботи з обладнанням, яке буде піддане аналізу, а також володіють необхідною базою знань для проведення статистичних та інших вимірювальних процесів. Без наявності в групі спеціаліста, який знає будову та механізм роботи обладнання отримані дані та сформовані висновки не матимуть практичного значення та не забезпечать необхідного ефекту для виробництва.



*Рис. 1. Алгоритм розробки та реалізації методології SMED*

Після формування групи працівників, які будуть займатися розробкою методології SMED для фасувального обладнання, відбувається їх ознайомлення з наявними нормативними документами на обладнання – технічними інструкціями від виробника, кресленнями обладнання, внутрішніми інструкціями роботи з обладнанням. На цьому етапі розробки SMED технічними експертами та членами групи, які мають практичний досвід роботи з цим обладнанням, відбувається умовний поділ процесу налаштування чи переналаштування обладнання на окремі частини, які необхідно буде проаналізувати, а також наголошується на важливих моментах, які повинні бути проаналізовані ретельніше. На основі цього аналізу відбувається розподіл етапів процесу для їх дослідження кожним членом крос-функціональної групи, а також формується перелік цілей, які повинні бути досягнуті на основі отриманих даних. На основі задекларованих цілей розробляються завдання, виконання яких дозволить досягнути необхідного результату. Важливим моментом при цьому є постановка завдань, які можна виконати за невеликий проміжок часу (час проведення досліджень не повинен становити більше одного тижня), а також їх кількість не повинна перевищувати певного значення, яке є допустимим для отримання достовірних даних за відведений час.

Другим етапом у впровадженні методології SMED є перевірка наявного стану процесу налаштування чи переналаштування обладнання. Для цього члени крос-функціональної групи перебувають на виробничій дільниці та здійснюють аналіз кожного етапу процесу згідно розробленого плану. Одним з ефективних способів фіксації даних є відеозйомка [20], яка забезпечує повний запис дій працівників під час вико-

нання роботи та дозволяє провести повторний аналіз першоджерела. Окрім цього, члени крос-функціональної групи здійснюють фіксацію часу здійснення маніпуляцій при налаштуванні чи переналаштуванні обладнання. Ця інформація є однією з ключових при виокремленні етапів, які потребують додаткової перевірки чи оптимізації, а також слугуватиме показником ефективності введених змін.

Наступним кроком у аналізі наявного процесу роботи операторів фасувального станка є проведення графічного оформлення здійснення маніпуляцій із записом хронометражу. Опис процесу повинен бути розділений на дві частини:

- зовнішні процеси – процеси налаштування чи переналаштування фасувальної машини під час її роботи;

- внутрішні процеси – дії щодо налаштування чи переналаштування фасувальної машини, які можна виконати лише при зупинці роботи обладнання.

А також рекомендується категоризувати процеси та, відповідно, їх аналізувати згідно виділеного типу [3]. Зазвичай виділяють чотири основних типи процесів: «підготовка до процесу налаштування», «заміна», «налаштування» та «додаткове налаштування».

Окрім запису етапів проведення налаштування чи переналаштування фасувального станка з їх хронометражем, члени крос-функціональної групи зобов'язані звертати увагу та записувати час простою обладнання. Такі записи є важливими для розуміння ефективного часу роботи фасувального станка, а також наявності можливостей для оптимізації його роботи. Ведення обліку простоїв фасувальних станків є важливим етапом покращення їх роботи та підвищення продуктивності роботи загалом. На основі отриманих даних членів крос-функціональної групи необхідно скласти каталог систематичних простоїв, встановити їх причини та розробити шляхи усунення. Для реалізації цього процесу необхідно залучити як керівників напрямків, так і працівників дільниці, які безпосередньо працюють на цьому фасувальному станку.

Також члени крос-функціональної групи повинні занотовувати зауваження до роботи, які вони встановили при аналізі виконання тих чи інших процесів працівниками виробничої дільниці. Такі записи можуть містити важливу інформацію, яка дозволить не лише підвищити ефективність роботи фасувального станка, а й знизити випуск бракованої продукції. Записи можуть містити не лише зауваження, а й запитання чи нотатки для уточнення, що дозволять достовірно інтерпретувати отримані дані.

Ще одним важливим методом аналізу якості проведення виробничих процесів є діаграма спагеті («Spaghetti Diagram») [14], яка дозволяє зрозуміти проходження виробничого процесу у фізичному просторі та зафіксувати рух працівників при виконанні необхідних маніпуляцій. Побудова діаграми здійснюється з дотриманням ряду правил [19]:

1. При побудові діаграми завжди необхідно використовувати план чи схему приміщення, де проводиться аналіз виробничого процесу. Необхідно перевірити відповідність розміщення обладнання та масштабу, що забезпечить отримання достовірних результатів. У разі виявлення невідповідностей їх необхідно усунути до початку дослідження виробничого процесу – внести зміни у наявний план чи схему.

2. Потрібно позначати всі рухи як оператора, так і транспортних засобів та пакувальних матеріалів. Для отримання загальної інформації та повноцінного аналізу виконання виробничого процесу необхідно позначати не лише рух оператора, а й переміщення транспорту – навантажувачів та пакувальних матеріалів. Ефективним є використання різних кольорів, які відповідатимуть окремій об'єднаній групі об'єктів, певному оператору чи пакувальному матеріалу. Якщо неможливо виділити для кожного об'єкту аналізу свій колір через перенавантаження інформацією діаграми, необхідно їх згрупувати та, відповідно, забезпечити інформативність отриманих даних. Для інтерпретації отриманих даних хронометрії та здійснення переміщення досліджуваних об'єктів необхідно фіксувати всі переміщення, зупинки чи додаткові дії, які були виконанні під час виконання виробничої операції. Такі додаткові дії чи рухи можна

позначати іншими позначками, наприклад, штрих-пунктирною лінією, та вказувати причину їх здійснення та затрачений час.

3. Необхідно отримати максимальну кількість інформації за виділений час. Діаграма «спагеті» може містити інформацію різного типу – відстань, яку подолав об'єкт дослідження, виражена у метрах чи кроках, час витрачений на це, додаткові дані про виконання процесу. Необхідно отримати найбільшу кількість даних, а при проведенні їх аналізу та інтерпретації можна вибрати, які саме дані дозволять ефективніше виразити та зрозуміти процес.

4. Необхідно провести достатню кількість досліджень для забезпечення отримання інформації, необхідної для повноцінного аналізу процесу. Необхідно зважати на час циклу виконання процесу, який аналізується, якщо хронометраж його є невеликим, то досліджень можна провести значно більше, порівняно з виробничим етапом, який триває декілька годин. Також, необхідно розуміти мету проведення досліджень, якщо завданням аналізу є розуміння процесу, то перевірку можна здійснити декілька разів в одній і тій же зміні, тоді як при необхідності встановлення особливостей виконання виробничого процесу працівниками всіх змін, кількість та час досліджень збільшиться.

Третім етапом розробки SMED є аналіз отриманих результатів контролю процесу налаштування чи переналаштування обладнання. Для цього необхідно інтерпретувати дані з листа спостереження членами крос-функціональної групи та вказати числові характеристики процесу. Провівши дослідження виробничого процесу та отримавши необхідну інформацію та декілька діаграм, необхідно провести їх аналіз. Для оптимізації цього процесу потрібно охарактеризувати кожний елемент графічного зображення технологічної операції:

1. Характеристика ліній діаграми. При виявленні на діаграмі зон пересікання декількох ліній одного чи різних кольорів, можна стверджувати про наявність зон підвищеного ризику заторів чи затримок у виробничому процесі. Окрім можливості втрати часу та, відповідно, ефективності роботи, у таких зонах прослідковується можливість руху в обидва напрямки як людей, так і матеріалів, таким чином може спостерігатися така втрата, як зайві рухи.

Важливу увагу необхідно приділити зупинкам чи додатковим рухам, які здійснив працівник дільниці, так як вони, ймовірно, не значно вплинуть на загальну відстань, яку він подолав, але зумовлюють зниження його ефективності. Потрібно проаналізувати ці дані та виділити зупинки, які були виробничо необхідні, та ті, яких не вимагав технічний чи технологічний процес. Аналогічний аналіз необхідно здійснити і для інших діаграм, особливо важливий такий опис при дослідженні роботи декількох виробничих змін, бо при їх співставленні можна виокремити виробничо-необхідні зупинки чи додаткові рухи. Всі додаткові рухи чи зупинки повинні бути усунуті для забезпечення максимальної ефективності процесу.

Окрім зон з перетином багатьох ліній, на діаграмі можуть знаходитися відтинки, на яких ліній одного чи декількох кольорів йдуть паралельно або формують замкнуте коло. Це вказує на переміщення працівників та матеріалів з однієї точки та їх повернення до неї декілька разів, що можна інтерпретувати як недостатню організацію працівника, обладнання чи розхідних матеріалів, які необхідні для завершення виробничого процесу. Таким чином, додаткове навчання персоналу чи зміна розташування матеріалів дозволить працівникам виробничої дільниці ефективніше використати час, а отже, і зменшити хронометраж виробничого процесу.

2. Аналіз отриманих даних. Охарактеризувавши лінії діаграми, необхідно провести інтерпретацію занотованих даних:

- розрахувати загальну відстань, яку пройшов працівник за один цикл;
- розрахувати загальну відстань, яку пройшов працівник за всю зміну;
- встановити час одного циклу;
- розрахувати час, затрачений за виконання зайвих рухів;

- встановити ефективність використання робочого часу;
- розрахувати швидкість виконання виробничого процесу.

Встановлені дані дозволять повноцінно охарактеризувати виробничий процес та надають необхідну інформацію для розуміння «вузьких» місць та напрямків для оптимізації.

3. Аналіз місця знаходження ліній на діаграмі. Важливим аспектом аналізу діаграми «спагеті» є розміщення ліній руху об'єктів аналізу у просторі. Окрім характеристики руху працівників чи матеріалів необхідно приділяти значну увагу місцю, де знаходиться найбільший потік персоналу чи матеріалів. Так, велика кількість рухів у вузькому коридорі може зумовити затори, зниження ефективності всього процесу чи навіть травматизм.

На основі отриманих даних члени крос-функціональної групи повинні встановити втрати та неефективну роботу працівників при виконанні технічного процесу. Із літературних джерел [11] відомо ряд стратегій для оптимізації процесу на основі даних з діаграми «спагеті»:

1. За можливості, усунути або звести до мінімуму всі пересічення персоналу чи матеріалів, виявлені при аналізі виробничого процесу та зафіксовані спостерігачем на діаграмі. Як зазначалося вище, це зони підвищеного ризику для травматизму, особливо при перетинанні траєкторій руху персоналу та транспортних засобів (наприклад, навантажувачів).

2. Аналогічні дії необхідно прийняти при виявленні паралельних траєкторій руху. Для забезпечення фізичного розділення напрямків руху можна використати розмітку, сигнальні стовбці чи невелику огорожу.

3. Звести до мінімуму пересування через одну точку, такі «петлі» вказують на здійснення реверсного руху працівників, що зменшує час ефективної роботи. Для усунення таких геометричних фігур необхідно встановити першопричину, яка найчастіше становить:

- пошук матеріалів на непромаркованих піддонах чи стелажах;
- доставка бракованих матеріалів;
- доставка матеріалів у недостатній кількості;
- повернення продуктів чи напівфабрикатів на додаткову обробку чи усунення неполадок;
- проведення повторних чи додаткових досліджень готового продукту чи напівфабрикату.

4. Реорганізувати робочі місця чи складські приміщення, де спостерігається найбільша кількість ліній. Для реалізації цієї рекомендації спочатку необхідно проаналізувати ситуацію та встановити першопричину ситуації, яка виникла. Найчастіше каузальністю таких результатів є:

- неорганізованість розміщення пакувальних матеріалів чи деталей фасувальних станків, що змушує працівників виробничої дільниці декілька разів підходити до стелажів та втрачати час на їх пошук;
- розміщення стелажів з пакувальними матеріалами чи деталями фасувальних станків на далекій відстані від виробничого обладнання, що зумовлює зайві рухи працівника виробничої дільниці;
- формування комплектів деталей, необхідних для здійснення виробничого процесу налаштування чи переналаштування фасувального станка;
- організація робочого простору та, особливо, робочого місця оператора для забезпечення його ефективної роботи;
- зміна періодичності проведення технічних робіт на фасувальних станках, що забезпечить зменшення рухів оператора.

5. Звести до мінімуму переміщення працівників виробничої дільниці, не пов'язані з технічними чи технологічними процесами. Для цього необхідно проаналізувати отримані дані з діаграми «спагеті» та виділити роботу, не пов'язану з безпосередніми обов'язками.

Провівши аналіз діаграми «спагеті», члени крос-функціональної групи повинні розділити всі процеси, які виконували працівники виробничої дільниці при налаштуванні чи переналаштуванні обладнання, на дві категорії – «зовнішні» та «внутрішні». Під «зовнішніми» процесами розуміють дії, пов'язані з налаштуванням обладнання без необхідності його зупинки, тоді як «внутрішні» процеси – маніпуляції, які можна виконати лише при вимкненні фасувального станка [18]. Розділивши всі процеси, працівники підприємства, залучені до розробки та впровадження SMED, а особливо працівники технічної служби, повинні розглянути процеси з категорії «внутрішні» та, за можливості, перемістити їх у групу «зовнішні». Такі зміни дозволять підвищити коефіцієнт «технічного використання обладнання» –  $A_n$  [23]:

$$A_n = \frac{\tau_p}{\tau_p + \tau_n + \tau_n}$$

де  $\tau_p$  – час роботи обладнання під час випуску продукції,  $\tau_n$  – час простою обладнання через технічні несправності та  $\tau_n$  – час простою обладнання через налаштування чи переналаштування обладнання.

Таким чином, зменшення часу налаштування чи переналаштування обладнання забезпечить підвищення часу ефективної роботи обладнання, зменшення часу його простоїв, а отже, підвищення кількості випущеної продукції за одиницю часу.

Наступними етапами у впровадженні SMED є перевірка ефективності розроблених змін, для цього члени крос-функціональної групи впроваджують на певний період часу, який залежить від складності розроблених інновацій, розроблений алгоритм дій. Для цього необхідно підготувати інструкцію на паперовому носії, з якою потрібно ознайомити всіх працівників дільниці, які будуть залучені до виконання технічних робіт з фасувальним автоматом. Переконавшись у сформованості знань щодо правильності виконання розробленого алгоритму дій, розпочинається перевірка його ефективності. Для забезпечення об'єктивності оцінки кінцевий результат виражають показниками:

- загальний час переналаштування обладнання до та після введення змін;
- коефіцієнт «технічного використання обладнання» до та після введення змін;
- кількість випущеної продукції за одиницю часу до та після введення змін.

При виявленні ефективності внесених змін у алгоритм переналаштування обладнання проводяться зміни у внутрішню інструкцію по його обслуговуванні для забезпечення стандартизації роботи персоналу.

**Висновок.** При русі до інноваційного розвитку та посилення конкурентоздатності компанії потрібно врахувати сучасний світовий досвід інноваційної діяльності, в тому числі і досвід створення ощадливого виробництва. Хоча, звичайно, не можна сліпо переймати досвід, його потрібно адаптувати до особливостей як вітчизняної економіки, так і менталітету своїх працівників.

Впровадження методу «SMED» забезпечить зменшення часу на виконання виробничих процесів та, відповідно, їх стандартизацію, що, в кінцевому результаті, зумовлює випуск продукції однієї якості. Впровадження цієї системи зменшить зайві втрати підприємства на додатковій обробці готового продукту, збільшить час ефективної роботи працівників на робочому місці та сформує потік цінності, що забезпечить підвищення конкурентоспроможності підприємства загалом.

### Список використаних джерел:

1. Казьмина И. В. Анализ особенностей внедрения бережливого производства на отечественных предприятиях. *Синергия*. 2016. № 2. С. 42–48.
2. Ключков Ю. П. Организационные механизмы внедрения бережливого производства на промышленном предприятии. *Теория и практика общественного развития*. 2012. № 5. С. 268–272.
3. Корзин А. И. Анализ затрат качества. Москва : Свет, 2016. 120 с.

4. Лайкер Дж. 14 принципов менеджмента ведущей компании мира. Москва : Свет, 2016. 402 с.
5. Левинсон У. Бережливое производство: синергетический подход к сокращению потерь / пер. с англ. под ред. В. В. Брагина. Москва : РИА «Стандарт и качество», 2007. 272 с.
6. Саматова Т. Б. Бережливое производство: анализ возможности снижения потерь. *Новая наука: от идеи к результату*. 2016. № 6-1 (90). С. 236–240.
7. Кане М. М., Иванов Б. В., Корешков В. Н., Схиртладзе А. Г. Системы, методы и инструменты менеджмента качества. Санкт-Петербург : Питер, 2009. 560 с.
8. Хоббс Д. П. Внедрение бережливого производства: практическое руководство по оптимизации бизнеса. Минск : Гревцов Паблишер, 2007. 352 с.
9. Чернова В. А., Агеев И. Т. Концепция бережливого производства: неуклонное сокращение потерь. *Молодой ученый*. 2016. № 26. С. 407–410.
10. Martins M., Godina R., Pimentel C., Silva F.J.G., Matias João C.O. A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining. *Procedia Manufacturing*. 2018. Vol. 17. P. 647–654.
11. Achanga P. Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2006. Vol. 27. №. 1. P. 27–42.
12. Dias P., Silva F. J. G., Campilho R. D. S. G., Ferreira L. P., Santos T. Analysis and Improvement of an Assembly Line in the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*. 2019. Vol. 38. P. 1444–1452.
13. Sousaa E., Silvaa F. J. G., Ferreiraa L. P., Pereiraa M. T., Gouveiaa R., Silva R. P. Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*. 2018. Vol. 17. P. 611–622.
14. Bhasin S. Lean and Performance Measurement. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 2008. Vol. 19 (5). P. 670–684.
15. Moreira A., Silvaa F. J. G., Correiaa A. I., Pereiraa T., Ferreiraa L. P., de Almeida B. F. Cost reduction and quality improvements in the printing industry. *Procedia Manufacturing*. 2018. Vol. 17. P. 623–630.
16. Dora M., Gellynck X. Lean Six Sigma Implementation in a Food Processing SME: A Case Study. *Quality and Reliability Engineering International*. 2015. Vol. 31 (7). P. 1151–1159.
17. Dora M., Kumar M., Gellynck X. Determinants and barriers to lean implementation in food-processing SMEs – a multiple case analysis. *Production Planning & Control*. 2015. Vol. 27(1). P. 1–23.
18. Hedman R., Subramaniyan M., Almstrom P. Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE. *Procedia CIRP*. 2016. Vol. 57. P. 128–133.
19. Neves P., Silva F. J. G., Ferreira L. P., Pereira T., Gouveia A., Pimentel C. Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*. 2018. Vol. 17. P. 696–704.
20. Kumar M., Antony J. Comparing the Quality Management Practices in UK SMEs. *Industrial Management & Data Systems*. 2008. Vol. 108 (9). P. 1153–1166.
21. Antonioli I., Guariente P., Pereira T., Pinto Ferreira L., Silva F. J. G. Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 13. P. 1120–1127.
22. Swenseth S. R., M. R. Godfrey. Incorporating transportation costs into inventory replenishment decisions. *International Journal of Production Economics*. 2002. Vol. 77. № 2. P. 113–130.
23. Zainetdinov R. I., Plokhii I. V. Updated assessment and prediction of function of readiness of the train «Sapsan» on the basis of imitating modeling of process of operation. *Transport: science, technique, management*. 2012. Vol. 12. P. 11–19.

### References:

1. Kaz'mina I. V. (2016) Analiz osobennostej vnedrenija berezhlivogo proizvodstva na otchestvennyh predpriyatijah [An analysis of the features of the introduction of lean production at domestic enterprises]. *Sinergija*, no. 2, pp. 42–48.
2. Klochkov Ju. P. (2012) Organizacionnyye mehanizmy vnedrenija berezhlivogo proizvodstva na promyshlennom predpriyatii [Organizational mechanisms of implementation of lean production at a industrial enterprise]. *Teoriya i praktika obshhestvennogo razvitiya*, no. 5, pp. 268–272.
3. Korzin A. I. (2016) *Analiz zatrat kachestva* [Analysis of quality costs]. Moscow: Svet.
4. Lajker Dzh. (2016) *14 principov menedzhmenta vedushhej kompanii mira* [14 principles of management of the world's leading company]. Moscow: Svet.



5. Levinson U. (2007) *Berezhlivoe proizvodstvo: sinergeticheskij podhod k sokrashheniju poter'* [Lean production: a synergetic approach to reducing losses]. Moscow: RIA "Standart i kachestvo".
  6. Samatova T. B. (2016) *Berezhlivoe proizvodstvo: analiz vozmozhnosti snizhenija poter'* [Lean production: an analysis of the possibility of reducing losses]. *Novaja nauka: ot idei k rezul'tatu*, no. 6–1 (90), pp. 236–240.
  7. Kane M. M., Ivanov B. V., Koreshkov V. N., Shirladze A. G. (2009) *Sistemy, metody i instrumenty menedzhmenta kachestva* [Systems, methods and tools of quality management]. St. Petersburg: Piter.
  8. Hobbs D. P. (2007) *Vnedrenie berezhlivogo proizvodstva: prakticheskoe rukovodstvo po optimizacii biznesa* [Implementation of lean production: a practical guide to business optimization]. Minsk: Grevcov Publisher.
  9. Chernova V. A., Ageev I. T. (2016) *Koncepcija berezhlivogo proizvodstva: neuklonnoe sokrashhenie poter'* [The concept of lean production: steady reduction of losses]. *Molodoy uchenyj*, no. 26, pp. 407–410.
  10. Martins M., Godina R., Pimentel C., Silva F.J.G., Matias João C.O. (2018) A Practical Study of the Application of SMED to Electron-beam Machining. *Procedia Manufacturing*, vol. 17, pp. 647–654.
  11. Achanga P. (2006) Critical success factors for lean implementation within SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 27, no. 1, pp. 27–42.
  12. Dias P., Silva F. J. G., Campilho R. D. S. G., Ferreira L. P., Santos T. (2019) Analysis and Improvement of an Assembly Line in the Automotive Industry. *Procedia Manufacturing*, vol. 38, pp. 1444–1452.
  13. Sousaa E., Silvaa F. J. G., Ferreiraa L. P., Pereiraa M. T., Gouveiaa R., Silva R. P. (2018) Applying SMED methodology in cork stoppers production. *Procedia Manufacturing*, vol. 17, pp. 611–622.
  14. Bhasin S. (2008) Lean and Performance Measurement. *Journal of Manufacturing Technology Management*, vol. 19 (5), pp. 670–684.
  15. Moreira A., Silvaa F. J. G., Correiaa A. I., Pereiraa T., Ferreiraa L. P., de Almeida F. (2018) Cost reduction and quality improvements in the printing industry. *Procedia Manufacturing*, vol. 17, pp. 623–630.
  16. Dora M., Gellynck X. (2015) Lean Six Sigma Implementation in a Food Processing SME: A Case Study. *Quality and Reliability Engineering International*, vol. 31 (7), pp. 1151–1159.
  17. Dora M., Kumar M., Gellynck X. (2015) Determinants and barriers to lean implementation in food-processing SMEs – a multiple case analysis. *Production Planning & Control*, vol. 27(1), pp. 1–23.
  18. Hedman R., Subramaniyan M., Almstrom P. (2016) Analysis of Critical Factors for Automatic Measurement of OEE. *Procedia CIRP*, vol. 57, pp. 128–133.
  19. Neves P., Silva F. J. G., Ferreira L. P., Pereira T., Gouveia A., Pimentel C. (2018) Implementing Lean Tools in the Manufacturing Process of Trimmings Products. *Procedia Manufacturing*, vol. 17, pp. 696–704.
  20. Kumar M., Antony J. (2008) Comparing the Quality Management Practices in UK SMEs. *Industrial Management & Data Systems*, vol. 108 (9), pp. 1153–1166.
  21. Antonioli I., Guariente P., Pereira T., Pinto Ferreira L., Silva F. J. G. (2017) Standardization and optimization of an automotive components production line. *Procedia Manufacturing*, vol. 13, pp. 1120–1127.
  22. Swenseth S. R., Godfrey M. R. (2002) Incorporating transportation costs into inventory replenishment decisions. *International Journal of Production Economics*, vol. 77, no. 2, pp. 113–130.
  23. Zainetdinov R. I., Plokhii I. V. (2012) Updated assessment and prediction of function of readiness of the train "Sapsan" on the basis of imitating modeling of process of operation. *Transport: science, technique, management*, vol. 12, pp. 11–19.
-