

В.М. Франчук, Л.М. Самчук

Луцький національний технічний університет

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТА ВИБІР НАЙБІЛЬШ ЕФЕКТИВНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ МЕХАНООБРОБНОГО ВИРОБНИЦТВА

У статті досліджено сучасні підходи до управління якістю у механообробному виробництві, зокрема методології Six Sigma, 5S та Total Quality Management (TQM). Проаналізовано їхню ефективність у підвищенні точності, надійності та продуктивності виробничих процесів, а також вплив на зниження рівня дефектів і оптимізацію витрат. Розглянуто практичний досвід впровадження цих методик у провідних компаніях, таких як Toyota, General Electric та Motorola. Визначено, що поєднання TQM, Six Sigma та 5S забезпечує системний підхід до вдосконалення якості, підвищує ефективність виробництва та сприяє довгостроковому успіху підприємств.

Ключові слова: Якість, системи управління, контроль, продуктивність, управління якістю продукції

V.M. Franchuk, L.M. Samchuk

COMPARATIVE ANALYSIS OF QUALITY MANAGEMENT SYSTEMS AND SELECTION OF THE MOST EFFECTIVE SYSTEM FOR MACHINING PRODUCTION

The article examines modern approaches to quality management in the mechanical engineering industry, in particular, Six Sigma, 5S and Total Quality Management (TQM) methodologies. The article analyses their effectiveness in improving the accuracy, reliability and productivity of production processes, as well as their impact on reducing the level of defects and optimizing costs. The practical experience of implementing these methods in leading companies such as Toyota, General Electric and Motorola is considered. It is determined that the combination of TQM, Six Sigma and 5S provides a systematic approach to quality improvement, increases production efficiency and contributes to the long-term success of enterprises.

Keywords: Quality, management systems, control, productivity, total quality management.

Постановка проблем. У сучасному механообробному виробництві контроль якості відіграє ключову роль у забезпеченні високої точності, надійності та ефективності виробничих процесів. Системи управління якістю спрямовані на мінімізацію дефектів, оптимізацію витрат і підвищення конкурентоспроможності підприємств. Впровадження ефективної системи контролю якості стає особливо актуальним у зв'язку зі зростанням вимог до точності деталей, автоматизацією виробничих процесів та необхідністю зниження витрат. Водночас вибір найбільш ефективної системи управління якістю є складним завданням, що потребує детального аналізу сучасних методологій та їх практичної ефективності. Недостатня увага до цього аспекту, може призвести до збільшення виробничих витрат, зниження продуктивності та погіршення репутації підприємства. Таким чином, порівняльний аналіз існуючих систем управління якістю та визначення найбільш ефективної методики для механообробного виробництва є важливим етапом на шляху до вдосконалення виробничих процесів і забезпечення високих стандартів якості продукції.

Метою роботи – є порівняння актуальних методологій підвищення якості у машинобудівному виробництві, аналіз їх результативності та визначення найефективніших підходів для впровадження на сучасних технологічних підприємствах.

У статті [1] досліджується еволюція концепцій управління якістю на підприємствах. Автор проаналізував різні трактування поняття «якість» і підкреслив позитивний вплив запровадження систем управління якістю на продуктивність підприємств. У матеріалі розглядаються основні принципи менеджменту, що лежать в основі системного управління якістю, а також етапи впровадження таких систем у різних регіонах. Окрема увага приділена стандартам серії ISO 9000, національним нормативам та застосуванню інтегрованих систем управління якістю. У роботі [2] досліджується, вплив практик загального управління якістю (TQM) на стійкість компаній (CS), враховуючи роль управління знаннями (KM) як посередника. Автор застосовує модель Малкольма Болдріджа (MBNQA) для аналізу TQM і вивчає його вплив на екологічну, соціальну та економічну стійкість підприємств. TQM позитивно впливає на корпоративну стійкість, а KM відіграє ключову роль у посиленні цього впливу, підкреслюючи важливість інтеграції управління знаннями для досягнення цілей сталого розвитку. У статті [3] проаналізовано використання методології Lean Six Sigma (LSS) для підвищення ефективності виробництва зварювального дроту. Автор застосовує підхід DMAIC і аналітичний ієрархічний процес (АНР) для ідентифікації та усунення основних причин відходів, демонструючи значне покращення продуктивності та якості виробництва. Дослідження демонструє, як

інтеграція LSS може призвести до зменшення дефектів, підвищення продуктивності та покращення загальної ефективності виробництва.

У статті [4] було описано процес проектування та виробництва зубчатого валу. Дизайн був створений у Solidworks, а виробничий процес розроблений за допомогою Edgcam. Аналіз методом скінченних елементів (FEA) проводився у ANSYSWorkbench і включав моделювання напружень, деформацій та поведінки під впливом зовнішніх навантажень. Через складність конструкції дизайн для виробництва розділили на дві частини: окремо розробили параметри для обробки кожного кінця валу. Це дозволило використовувати два різних коди ЧПК, які виконуються послідовно під час обробки. У ході роботи визначили загальний час обробки одного або обох кінців валу, а також забезпечили відповідність процесу умовам безпеки.

Стаття [5] присвячена оцінці якості процесів у виробництві сталевих валів за допомогою показників ефективності. Автор розглядає ключові фактори, такі як якість продукції, час доставки, гнучкість виробництва та обслуговування, які впливають на загальну ефективність виробничого процесу та ланцюга постачання. Особлива увага приділяється ролі постачальників: їх оцінюють за здатністю забезпечувати якісну сировину, яка відповідає специфікаціям. Також підкреслюється важливість статистичного контролю процесів для виявлення відхилень та забезпечення стабільності виробництва. Автор зазначає, що відхилення можуть бути викликані проблемами в дизайні процесу, постачанні або контролі якості, і пропонує підходи для їх мінімізації.

У статті [6] автор досліджує вплив управлінських ідей на організації. Вона висвітлює 14 принципів управління, які акцентують увагу на постійному вдосконаленні процесів, системному мисленні та залученні співробітників для отримання високої якості продукції та послуг. Автор також підкреслив важливість усунення внутрішніх бар'єрів у компанії та створення культури довіри й співпраці. Застосування цих підходів сприяє зниженню витрат, зростанню продуктивності й підвищенню конкурентоспроможності організацій.

У статті [7] розглядається застосування системи 5S на підприємствах, яка спрямована на оптимізацію робочих місць, підвищення продуктивності та покращення якості роботи. Описуються основні етапи 5S (сортування, систематизація, стандартизація, удосконалення) та їхні переваги, такі як підвищення ефективності, зменшення витрат і покращення умов праці. Автор наводить приклади впровадження методології в Україні та відзначає її позитивний вплив на конкурентоспроможність і безпеку підприємств.

Викладення основного матеріалу. У сучасних умовах глобальної конкуренції та швидкого розвитку технологій підприємства, що займаються металообробним виробництвом, стикаються з необхідністю постійного покращення якості продукції. Ці виклики обумовлені як вимогами споживачів до точності та надійності виробів, так і необхідністю зниження витрат і збільшенні ефективності виробничих процесів. Методології покращення якості, що базуються на принципах системного підходу, набувають популярності завдяки своїй здатності інтегрувати сучасні технології, автоматизацію та інструменти контролю. У цьому контексті важливим є аналіз існуючих підходів до забезпечення якості на технологічному виробництві деталей типу вал, які є одними з найважливіших елементів у машинобудуванні, авіаційній та автомобільній галузях.

Однією з таких методик покращення якості є Six Sigma. SixSigma — це ефективна методологія, орієнтована на підвищення якості та продуктивності в різних галузях. Завдяки цьому підходу не лише покращуються показники проектів, а й формується культура безперервного вдосконалення в робочих командах. Впровадження її сприяє ефективному використанню ресурсів, підвищенню задоволеності клієнтів і зниженню ризиків. Організації, які дотримуються цього підходу, досягають значних конкурентних переваг і створюють стійку основу для довготривалого розвитку. Методологія ґрунтується на п'яти ключових принципах: визначення, вимірювання, аналіз, удосконалення та контроль. Вони формують циклічний процес, який забезпечує постійне вдосконалення та відповідальність. Крім того, методологія наголошує на важливості задоволеності клієнтів, точності даних і залученості співробітників, що робить її всебічним підходом до підвищення ефективності управління проектами. Дотримуючись цих принципів, організації можуть значно покращити ефективність, якість та результати проектів. Численні компанії успішно впровадили цей підхід у своє управління проектами, що допомогло їм досягти суттєвих покращень. Одним із прикладів є компанія GeneralElectric (GE), яка впровадила "SixSigma" у свою корпоративну стратегію в 1990-х роках. GE звітувала про багато-мільярдні заощадження завдяки підвищенню ефективності та зниженню дефектів. Інший успішний приклад належить компанії Motorola, засновнику "Six Sigma", яка досягла суттєвого скорочення виробничих дефектів та витрат. Крім того, компанії у фінансовій сфері застосовують "Six Sigma" для оптимізації обробки транзакцій, що дозволяє надавати послуги швидше і точніше. Ці

приклади успішного застосування підтверджують універсальність та результативність "Six Sigma" у різних галузях.

Метод 5S — багатофункціональний інструмент, який можна ефективно використовувати як у виробничому, так і в офісному середовищі та сприяє досягненню важливих цілей компанії.

Метод «5S» — підхід до організації робочого місця, заснований на п'яти основних принципах: організованість, порядок, стандартизація та самодисципліна. Такий підхід не тільки підвищує цінність робочого місця, але також допомагає розвинути почуття власності та відданості спільній меті серед працівників. Метод «5S» не тільки сприяє створенню впорядкованого робочого середовища, але й значно підвищує ефективність і продуктивність праці. Впровадження чітких послідовностей і стандартизованих процесів зменшує кількість помилок, зменшуючи втрачений час і ресурси. Крім того, організованість мотивує співробітників шукати нові способи оптимізації своєї роботи, а технології стимулюють постійний розвиток. Важливим аспектом методології «5S» є підвищення безпеки на робочому місці. Зрештою, метод 5S стає невід'ємною частиною культури компанії, створюючи гармонійне робоче середовище, яке підтримує продуктивну співпрацю, сприяє інноваціям і забезпечує стабільний успіх організації. Toyota є одним із найвідоміших прикладів компанії, яка впровадила методологію 5S як частину своєї виробничої системи (Toyota Production System). Завдяки «5S» Toyota оптимізувала своє робоче місце, значно скоротила час виконання завдань, зменшила кількість помилок і знизила витрати на виробництво. Категоризація та систематизація інструментів дозволяє швидко отримати доступ до необхідного обладнання та дозволяє уникнути непотрібних затримок. Підтримання чистоти та стандартизації робочого місця забезпечує стабільність процесу та знижує ризик помилок. Самодисципліна співробітників, яка культивується за допомогою практики 5S, сприяє високій якості продукції та культурі постійного вдосконалення.

Total Quality Management (TQM) — це всебічний підхід до управління якістю, орієнтований на підвищення ефективності всіх процесів у технологічному машинобудівному виробництві. Головною метою TQM у цій галузі є досягнення високої якості деталей та вузлів, зокрема таких важливих компонентів, як вали, які повинні відповідати суворим вимогам щодо точності, надійності та довговічності. Методологія TQM у машинобудуванні базується на принципах орієнтації на клієнта, безперервного удосконалення процесів, залучення всіх співробітників та використання процесного підходу. Це забезпечує постійний контроль на всіх етапах виробництва — від проектування деталей до тестування. Впровадження стандартів і постійний моніторинг ефективності дозволяють зменшити дефекти, підвищити продуктивність і оптимізувати використання ресурсів. Однією з головних переваг TQM у машинобудуванні є інтеграція інноваційних підходів у виробничі процеси, що сприяє підвищенню конкурентоспроможності. Активна участь працівників у процесах управління якістю допомагає формувати культуру відповідальності та безперервного вдосконалення виробничого середовища.

Важливим інструментом у TQM є діаграма Ісікави (Рис 1.), яка сприяє виявленню ключових чинників впливу на якість продукції чи процесів. Використання цього інструменту дозволяє ідентифікувати потенційні проблеми, аналізувати їх причини та розробляти заходи для їх усунення, що є ключовим елементом у створенні ефективної системи управління якістю.

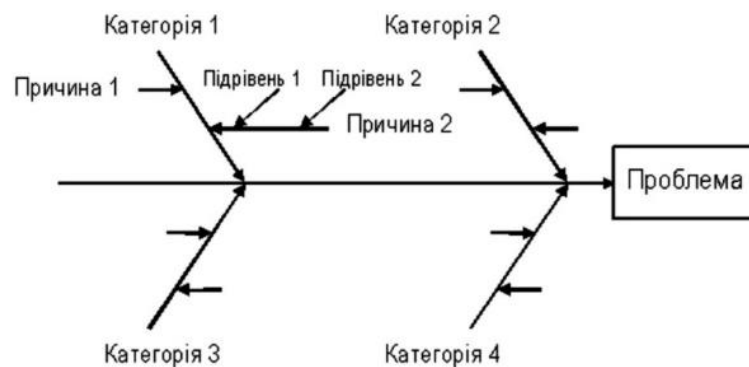


Рис. 1. Діаграма Ісікави

Відомим прикладом TQM є впровадження компанією Toyota системи Канбан, яка стала основою її виробничої стратегії. Канбан регулює потоки матеріалів за принципом "точно вчасно", зменшуючи

витрати на зберігання та уникнення перевиробництва. Ця система інтегрує контроль якості на всіх етапах виробництва, дозволяючи вчасно виявляти й усувати дефекти. Завдяки Kanban Toyota досягла високої ефективності, мінімізації дефектів і задоволеності клієнтів, що зробило її лідером у галузі.

У таблиці 1 подано детальний аналіз ключових переваг та недоліків кожної із трьох методик управління якістю – Six Sigma, 5S та TQM – у контексті їхнього впровадження у механообробному виробництві. Аналіз дає змогу оцінити, наскільки кожна з цих систем відповідає вимогам галузі.

Табл. 1

Порівняння методологій управління якістю

Критерій	Six Sigma	5S	TQM	Найкращий вибір
Мета	Зменшення дефектів до мінімуму за допомогою статистичного контролю.	Організація робочого простору для підвищення ефективності.	Забезпечення загальної якості на всіх етапах.	TQM забезпечує комплексний підхід до якості.
Основний підхід	Аналіз даних, оптимізація процесів через DMAIC.	Впорядкування робочого простору за п'ятьма принципами.	Впровадження культури якості на всіх рівнях.	TQM охоплює всі аспекти виробничих процесів.
Галузь застосування	Високоточні галузі, наприклад, аерокосмічна, медицина.	Виробництво, офіси, склади.	Універсальна методологія для всіх галузей.	TQM, Six Sigma, 5S
Залученість працівників	Спеціалізовані ролі, наприклад, Black Belt, Green Belt.	Участь усіх працівників у підтриманні порядку.	Участь усіх працівників у процесах покращення.	TQM та 5S стимулює колективну відповідальність.
Час впровадження	Середній/довгий.	Швидкий, результати помітні одразу.	Довгий, але результати стійкі.	TQM підходить для довгострокової стратегії, 5S для швидкого результату
Результати для виробництва	Скорочення дефектів, оптимізація операцій.	Підвищення чистоти, зменшення втрат часу.	Висока якість продукції, інтеграція процесів.	TQM забезпечує найкращу якість і контроль.

Рисунок 1 демонструє покращення ключових показників ефективності після впровадження методологій управління якістю, таких як Six Sigma, 5S і TQM, у металообробному виробництві. Оцінка відсоткових змін у важливих аспектах, таких як зниження рівня дефектів, збільшення продуктивності, оптимізація операційних витрат, поліпшення безпеки на робочому місці та підвищення адаптивності виробничих процесів, дозволяє визначити вплив кожного підходу. Така візуалізація дає можливість провести порівняння ефективності різних систем управління якістю, що допомагає підприємству обрати найбільш результативну стратегію для досягнення довгострокових цілей та зміцнення конкурентоспроможності.

Для металообробного виробництва найбільш ефективним підходом є TQM (Total Quality Management), оскільки він забезпечує всебічне покращення всіх ключових аспектів діяльності підприємства. Завдяки інтеграції принципів безперервного вдосконалення, орієнтації на споживача та залученню персоналу, TQM дозволяє:

1. Оптимізувати витрати за рахунок зменшення дефектів та неефективних операцій.
2. Підвищити ефективність шляхом усунення вузьких місць у виробництві.
3. Забезпечити стабільну якість продукції, що важливо для виробів із високими вимогами до точності, таких як деталі для автомобільної чи аерокосмічної галузі.
4. Підвищити можливість швидко адаптуватися до змін у специфікаціях замовників або ринкових умов.

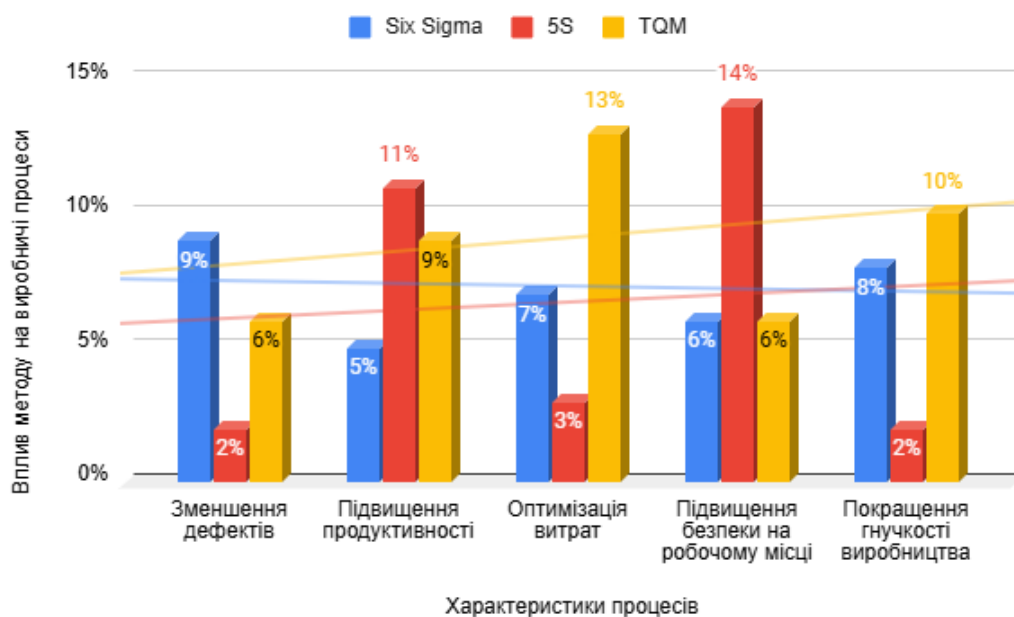


Рис. 2. Приріст показників після впровадження SixSigma, 5S, TQM

Разом із TQM доцільно впроваджувати SixSigma, яка допомагає зменшити дефекти та мінімізувати відхилення у виробничих процесах завдяки застосуванню статистичних методів моніторингу якості. Наприклад, впровадження SixSigma на металообробних підприємствах дозволяє:

1. Знизити рівень дефекту, що суттєво покращує вихід придатної продукції.
2. Мінімізувати варіативність у виробництві, забезпечуючи стабільність розмірів, механічних властивостей і точності обробки деталей.
3. Зменшити витрати на доопрацювання та переробку, що особливо важливо для складних високоточних деталей у машинобудуванні.

Доповненням до цих підходів може бути 5S, яка фокусується на організації робочого простору, підвищенні безпеки та покращенні продуктивності за рахунок системного управління робочими місцями. Впровадження 5S на металообробних підприємствах дозволяє:

1. Зменшити час на пошук інструментів та матеріалів на 20–30%, завдяки чіткій організації робочого місця.
2. Знизити рівень виробничого травматизму через усунення зайвих предметів та небезпечних зон.
3. Підвищити термін експлуатації обладнання, запроваджуючи регулярне прибирання та обслуговування (Seiso – "систематичне очищення").

Таким чином, комплексне впровадження TQM у поєднанні з SixSigma та 5S дозволяє металообробним підприємствам:

1. Знизити рівень дефектності продукції до 1%.
2. Скоротити виробничі витрати на 10–25% завдяки зменшенню витрат та оптимізації процесів.
3. Підвищити продуктивність на 15–30% за рахунок ефективного використання ресурсів.
4. Покращити терміни виконання замовлень, що підвищує задоволеність клієнтів та конкурентоспроможність підприємства.

У результаті, така стратегія забезпечує сталий розвиток виробництва, підвищення рентабельності та довгострокове зростання на ринку.

Висновки. Аналіз методів управління якістю дозволив визначити найбільш ефективну та відповідну методологію, яка найкраще відповідає вимогам та характеристикам металообробного виробництва. Це дає можливість забезпечити високий рівень стандартизації продукції, підвищити продуктивність виробничих процесів та мінімізувати ризики, пов'язані з дефектами та витратами. Подальші дослідження мають бути спрямовані на оцінку результативності окремих методологій управління якістю, вивчення їх взаємодії та можливостей синергії. Слід впроваджувати цифрові рішення для автоматизації процесів, аналізу довгострокових наслідків змін та підвищення зацікавленості працівників через професійне навчання та мотивацію. Крім того, слід оцінювати

фінансову доцільність впроваджуваних рішень і застосовувати підходи Lean з метою підвищення ефективності виробництва та зменшення витрат.

Список використаних джерел:

1. Баєва О.І. Про еволюцію підходів до управління якістю. Управління якістю у фармації: матеріали XVI наук. - практ. конф., м. Харків, 20 травня 2022 р. Харків: НФаУ, 2022. С. 15–18.
2. Impact of total quality management on corporate sustainability through the mediating effect of knowledge management. *Journal of Cleaner Production*, Volume 244, 20 January 2020, 118806
3. Applying Lean Six Sigma for Waste Reduction in a Manufacturing Environment. *American Journal of Industrial Engineering*, 2013, Vol. 1, No. 2, 28-35
4. Sándor Bodzás, Israel O. Okonokhua. Manufacturing design and static analysis of a gear shaft. *Journal of Production Engineering*. 2024. P. 6.
5. John J. Thambirajah. Application of Performance Indicators for the Evaluation of Process Quality and Supply Chain Metrics of a Steel Shaft Manufacturing Process. *London Journal of Research in Management and Business*. 2022. P. 1–28.
6. Umble E.J. (2019) Quality: The Implications of Deming's Approach. In: Swamidass P.M. (eds) *Encyclopedia of Production and Manufacturing Management*. Springer, Boston, MA.
7. С. Бондаренко. Використання системи „Упорядкування” (5S) на підприємстві. м. Київ. 2017. С. 38–39.