

Международный открытый форум

УДК 658.56

DOI: 10.30987/article_5c174d774f4ae1.07857193

В.Ю. Анцев, Н.А. Витчук, А.В. Тотай, А.А. Реутов

**АЛГОРИТМ ПОЭТАПНОГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
ПРЕДПРИЯТИЙ**

Предложен алгоритм поэтапного совершенствования производственных процессов машиностроительных предприятий с использованием методов управления качеством, выбор которых проводится на основе определения критерия Г. Тагути «сигнал/шум». Предложена методика квалиметрической оценки качества производственного процесса на основе определения единичных показателей и динамического комплексного показателя качества.

Показано практическое применение предложенного алгоритма поэтапного совершенствования на примере производственного процесса изготовления трубопроводов газотурбинных двигателей.

Ключевые слова: методы управления качеством, производственный процесс, этап, совершенствование, трубопроводы газотурбинных двигателей, показатель качества.

V.Yu. Antsev, N.A. Vitshuk, A.V. Totay, A.A. Reutov

**ALGORITHM FOR STEPWISE IMPROVEMENT OF INDUSTRIAL PROCESSES
AT MANUFACTURING ENTERPRISES**

Under current conditions of domestic enterprise operation the most acceptable is a stepwise improvement of manufacturing processes at the stages requiring priority refinement. With the aim of the solution of the problem specified there is offered an algorithm for the stepwise improvement of manufacturing processes developed on the basis of the principles of a process approach and a cycle of PDCA process control. The algorithm offered supposes method combination appli-

cation for quality control chosen at the certain stages of manufacturing process improvement.

As a result of the actual realization of the algorithm stages in the tube manufacturing process improvement the single index updating in process quality and the increase of a quality dynamic complex index by about 40% is predicted.

Key words: methods for quality control, manufacturing process, stage, improvement, tubes of gas turbine engines, quality index.

Изготовление машиностроительной продукции является сложным и трудоемким процессом, состоящим из большого числа этапов производства отдельных узлов и деталей, а также сборки и испытания всех элементов. Вследствие этого одновременное совершенствование всех стадий производства машиностроительной продукции в действующем производстве невозможно, так как это вызовет дезорганизацию производственного процесса в целом. Поэтому в условиях действующих производств совершенствование производственных процессов следует проводить поэтапно, начиная со стадий, требующих первоочередного совершенствования.

В соответствии с принципами процессного подхода и цикла Деминга - Шу-

харта PDCA совершенствование производственных процессов может быть представлено в виде четырех этапов: 1 этап - выбор производственного процесса и обоснование методов управления качеством для анализа процесса, 2 этап - анализ производственного процесса и реализация этапа совершенствования процесса, 3 этап - оценка изменения динамического комплексного показателя качества производственного процесса, 4 этап - изменение структурно-функциональной модели в соответствии с выполненным этапом совершенствования производственного процесса (рис. 1) [1]. Каждый этап может быть реализован с использованием различных методов управления качеством.

Разнообразие методов управления качеством обуславливает актуальность обоснованного выбора их комбинации для конкретного производственного процесса в рамках определенного машиностроительного предприятия. Для обоснования выбора комбинации методов или инструментов для каждого конкретного производственного процесса предлагается использовать критерий Г. Тагути «сигнал/шум» [1-5], определяемый по модифицированной формуле:

$$C/Ш = 10 \cdot \lg \left(\frac{\bar{y}^2 + 4/9}{D + 4/9} \right),$$

где \bar{y} – математическое ожидание отклика; D – дисперсия.

Дисперсия определяется по формуле

$$D = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2,$$

где y_i – отклик (оценка эксперта); n – количество экспертов.

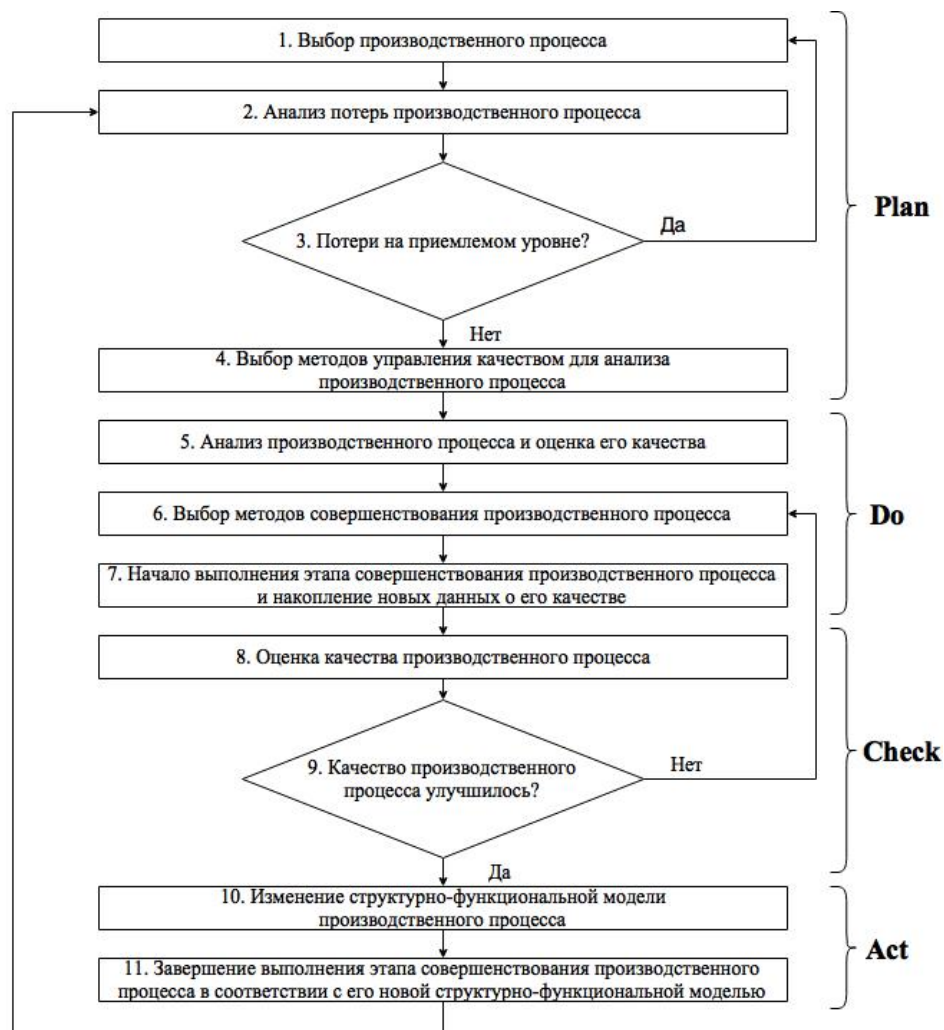


Рис. 1. Алгоритм поэтапного совершенствования производственного процесса

Использование модифицированной формулы для расчета критерия «сигнал/шум» позволит избежать ситуаций, когда критерий не может быть рассчитан по классической формуле, например в случае согласованности мнений экспертов.

Эффективность реализации этапов совершенствования с использованием обоснованной комбинации методов

управления качеством может быть оценена комплексным показателем качества производственного процесса, расчет которого базируется на определении единичных показателей качества производственного процесса: показателя непрерывности; показателя специализации; показателя выполнения планов; показателя автоматизации производственного процесса; показателя

теля бездефектности производства; показателя прогрессивности; показателя технико-экономической эффективности.

$$K_{\Sigma}(t) = \sum_{i=1}^n \mu_i \cdot K_i(t)$$

где μ_i – коэффициент весомости i -го единичного показателя; $K_i(t)$ – значение единичного показателя качества; t – период времени, за который определяются значения единичных показателей качества и динамического комплексного показателя качества производственного процесса [5-8].

Рассмотрим поэтапное совершенствование производственного процесса на примере производственного процесса изготовления трубопроводов газотурбинных двигателей.

В соответствии с алгоритмом поэтапного совершенствования после выбора производственного процесса необходимо провести анализ потерь процесса. С этой целью можно использовать диаграмму Исикавы и определить преобладающие из семи видов потерь: перепроизводство, запасы, транспортировка, дефекты, обработка, движения, простои.

В результате анализа производственного процесса изготовления трубопроводов с использованием диаграммы Исикавы было выявлено, что в данном процессе преобладают потери, связанные с транспортировкой, движениями и простоями [1].

На следующем этапе алгоритма проводится выбор методов управления качеством или инструментов контроля качества, которые позволят детально определить причины выявленных потерь. В данном случае был проведен опрос экспертов на предмет применимости нескольких методов и инструментов для определения причин выявленных потерь в производственном процессе изготовления трубопроводов. На основе полученных экспертных оценок был рассчитан критерий «сигнал/шум» (табл. 1). В итоге для анализа причин потерь в производственном процессе изготовления трубопроводов были выбраны: карта потока создания ценности, диаграмма потока, структурно-функциональное моделирование, диаграмма Парето [1; 9-12]. Для другого конкретного случая аналогичным образом может быть выбран другой набор методов и инструментов.

Таблица 1

Выбор методов управления качеством и инструментов контроля качества для проведения анализа производственного процесса по критерию «сигнал/шум»

Метод/инструмент	Сигнал/шум
Контрольная карта	7,23
Диаграмма Парето	17,26
Контрольный листок	9,71
Диаграмма разброса	8,22
Древовидная диаграмма	11,57
Диаграмма потока	18,42
Карта потока создания ценности	18,60
Структурно-функциональное моделирование	17,35

Использование выбранных методов и инструментов позволило определить проблемы производственного процесса изготовления трубопроводов, которые должны быть устранены на этапе совершенствования. Например, построение диаграммы Парето по продолжительности технологических операций (рис. 2) позволило выявить операции (группа А), которые явля-

ются наиболее продолжительными по времени. При отсутствии каких-либо технологических ограничений на этапе совершенствования производственного процесса необходимо предусмотреть варианты сокращения данных операций.

Кроме того, к основным проблемам производственного процесса изготовления трубопроводов, определенным по резуль-

татам анализа, можно отнести: нерациональное расположение рабочих мест на участке, неравномерность загрузки рабочих при выполнении технологических операций, наличие брака на операции гибки, использование устаревших средств контроля качества трубопроводов.

Для оценки качества производственного процесса изготовления трубопроводов были определены единичные показатели качества и их коэффициенты весомости. Результаты расчета представлены в табл. 2 [6].

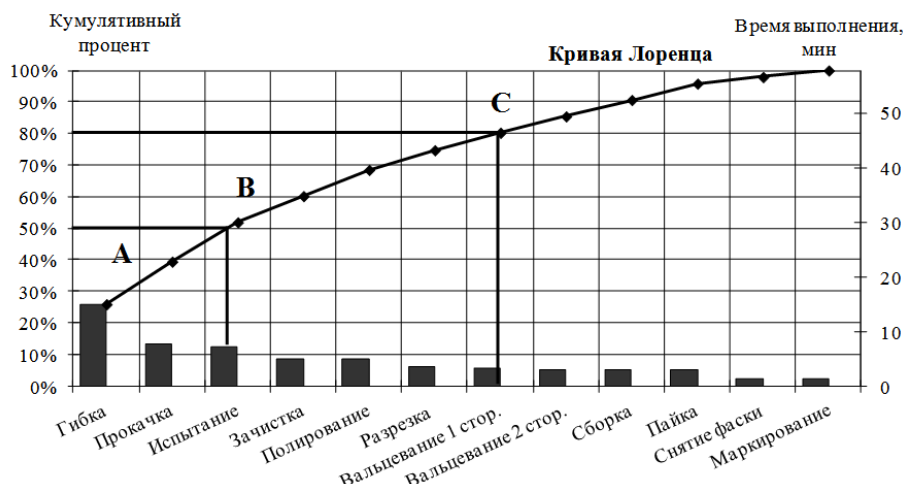


Рис. 2. Диаграмма Парето по продолжительности технологических операций

Таблица 2

Определение динамического комплексного показателя качества производственного процесса изготовления трубопроводов

№ п/п	Показатель	Значение показателя (1)	Коэффициент весомости (2)	1×2
1	Показатель непрерывности	0,68	0,085	0,058
2	Показатель специализации	0,25	0,092	0,023
3	Показатель выполнения планов	0,83	0,188	0,156
4	Показатель автоматизации	0,43	0,170	0,073
5	Показатель бездефектности производства	0,95	0,170	0,162
6	Показатель прогрессивности	0,42	0,110	0,046
7	Показатель технико-экономической эффективности	0	0,184	0
Динамический комплексный показатель качества процесса				0,52

Полученное значение динамического комплексного показателя качества производственного процесса изготовления трубопроводов может служить ориентиром для оценивания результативности предложенных к реализации или реализованных мероприятий по совершенствованию производственного процесса.

Для выбора метода управления качеством на этапе совершенствования производственного процесса была проведена экспертная оценка нескольких методов и рассчитан критерий «сигнал/шум» (табл. 3) [1].

Таблица 3

Выбор методов управления качеством для совершенствования
производственного процесса по критерию «сигнал/шум»

Метод управления качеством	Сигнал/шум
Реинжиниринг «с чистого листа»	3,99
Реинжиниринг действующего процесса	19,91
Развертывание функции качества (QFD–методология)	12,76
Анализ форм и последствий отказов (FMEA–методология)	10,64
Бенчмаркинг	6,51
Анализ рабочих ячеек	11,56

По результатам расчета критерия «сигнал/шум» наиболее предпочтительным методом управления качеством для совершенствования производственного процесса является реинжиниринг действующего процесса. В рамках данного метода с целью совершенствования производственного процесса изготовления трубопроводов предлагаются следующие мероприятия:

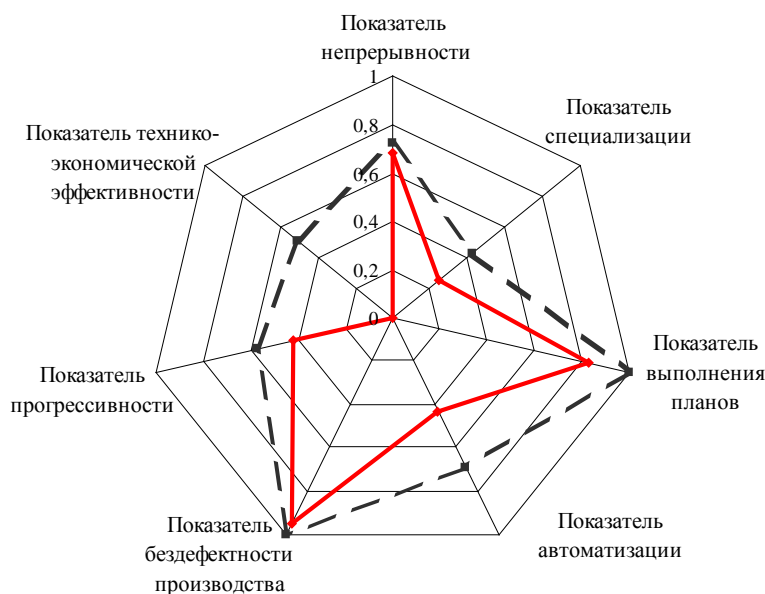
1) автоматизация наиболее трудоемких и рутинных операций (операций гибки и полировки);

2) сокращение времени контрольной операции проверки на стапелях при выполнении операции гибки на станке с ЧПУ;

3) объединение выполнения простых операций для обеспечения более равномерной загрузки рабочих;

4) разработка нового варианта размещения рабочих мест с переносом рабочего места пайщика и изменение последовательности выполнения операций маркирования и испытаний.

В результате практической реализации этапов алгоритма совершенствования производственного процесса изготовления трубопроводов прогнозируется увеличение динамического комплексного показателя качества приблизительно на 40 %. Наибольшие изменения ожидаются по показателям автоматизации, выполнения планов, технико-экономической эффективности, специализации (рис. 3).



—◆— Значения показателей, определенные в ходе анализа производственного процесса
—■— Прогнозируемые значения единичных показателей качества производственного процесса

Рис. 3. Сравнение текущих и прогнозируемых значений единичных показателей качества производственного процесса

Таким образом, улучшение качества производственного процесса, оцениваемого динамическим комплексным показателем качества, может быть достигнуто при реализации этапов разработанного алго-

ритма совершенствования производственных процессов с использованием обоснованных методов управления качеством и инструментов контроля качества.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Antsev, V.Yu. Management Mechanism for Continuous Improvement of Production Processes Using Quality Management Methods / V.Yu. Antsev, N.A. Vitchuk, V.V. Miroshnikov // Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2018. – P. 1249-1260.
2. Варжапетян, А.Г. Современные методы менеджмента качества. Робастное проектирование / А.Г. Варжапетян. – СПб.: ГУАП, 2008. – 172 с.
3. ГОСТ 23554.0-79. Система управления качеством продукции. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Основные положения. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 23 с.
4. Азгальдов, Г.Г. Квалиметрия для всех: учеб. пособие / Г.Г. Азгальдов, А.В. Костин, В.В. Садовов. – М.: ИнформЗнание, 2012. – 165 с.
5. Федюкин, В.К. Основы квалиметрии. Управление качеством продукции / В.К. Федюкин. – М.: Филин, 2004. – 296 с.
6. Анцев, В.Ю. Методика квалиметрической оценки качества производственных процессов / В.Ю. Анцев, Н.А. Витчук // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2017. – № 8-1. – С. 324-331.
7. Литвак, Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений / Б.Г. Литвак. – М.: Патент, 1996. – 56 с.
8. Туровец, О.Г. Организация производства: учеб. для вузов / О.Г. Туровец. – М.: Инфра-М, 2004. – 528 с.
9. Всеобщее управление качеством / О.П. Глудкин, Н.М. Горбунов, А.И. Гуров, Ю.В. Зорин; под ред. О.П. Глудкина. – М.: Горячая линия - Телеком, 2001. – 600 с.
10. Инструменты и методы менеджмента качества / С.В. Пономарев, С.В. Мищенко, В.Я. Белобрагин, О.С. Пономарева [и др.]. – М.: Стандарты и качество, 2005. – 248 с.
11. ГОСТ Р 50.1.028–2001. Информационные технологии поддержки жизненного цикла продукции. Методология функционального моделирования. – М.: Изд-во стандартов, 2001. – 50 с.
12. Ефимов, В.В. Управление процессами: учеб. пособие / В.В. Ефимов, М.В. Самсонова. – Ульяновск: УлГТУ, 2008. – 222 с.
1. Antsev, V.Yu. Management Mechanism for Continuous Improvement of Production Processes Using Quality Management Methods / V.Yu. Antsev, N.A. Vitchuk, V.V. Miroshnikov // Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. – 2018. – P. 1249-1260.
2. Varzhapetyan, A.G. Modern Methods of Quality Management. Robust Design / A.G. Varzhapetyan. – S-Pb.: GMAD, 2008. – pp. 172.
3. RSS 23554.0-79. System for Produce Quality Control. Expert Methods for Industrial Product Quality Control. Basic Regulations. – М.: Standards Publishing House, 1986. – pp. 23.
4. Azgaldov, G.G. Quality Metering for All: manual / G.G. Azgaldov, A.V. Kostin, V.V. Sadovov. – М.: InformKnowledge, 2012. – pp. 165.
5. Fedyukin, V.K. Quality Metering Fundamentals. Produce Quality Control / V.K. Fedyukin. – М.: Filin, 2004. – pp. 296.
6. Antsev, V.Yu. Procedure for quality metering assessment of manufacturing process quality / V.Yu. Antsev, N.A. Vitchuk // Proceedings of Tula State University. Engineering Sciences. – 2017. – No.8-1. – pp. 324-331.
7. Litvak, B.G. Expert Assessments and Decision-Making / B.G. Litvak. – Patent, 1996. – pp. 56.
8. Turovets, O.G. Production Organization: college textbook / O.G. Turovets. – М.: Infra-M, 2004. – pp. 528.
9. General Quality Control / O.P. Gludkin, N.M. Gorbunov, A.I. Gurov, Yu.V. Zorin; under the editorship of O.P. Gludkin. - : Hotline – Telecom, 2001. – pp. 600.
10. Tools and methods for quality control / S.V. Ponomaryov, S.V. Mishchenko, V.Ya. Belobragin, O.S. Ponomaryova [et al.]. – М.: Standards and Quality, 2005. – pp. 248.
11. RSS R 50.1.028-2001. Information Technologies for Produce Life Support. Functional Modeling Methodology. – М.: Standards Publishing Housing, 2001. – pp. 50.
12. Yefimov, V.V. Process Control: manual / V.V. Yefimov, M.V. Samsonova. – Uliyanovsk: UISTU, 2008. – pp. 222.

Статья поступила в редакцию 01.11.2018

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного
технического университета

Киричек А.В.

Статья принята к публикации 23.11.2018

Сведения об авторах:

Анцев Виталий Юрьевич, д.т.н., профессор
Тульского государственного университета, e-mail:
Anzev@tsu.tula.ru.

Витчук Наталья Андреевна, к.т.н., доцент Ка-
лужского государственного университета им.
К.Э. Циолковского, e-mail:
vitchuk.natalya@mail.ru.

Antsev Vitaly Yurievich, Dr. Sc. Tech., Prof., Tula
State University, e-mail: Anzev@tsu.tula.ru.

Vitchuk Natalia Andreevna, Can. Sc. Tech., Assis-
tant Prof., Tsiolkovsky State University of Kaluga,
e-mail: vitchuk.natalya@mail.ru.

Totai Anatolievich Vasilievich, Dr. Sc. Tech., Prof.,
Head of the Dep. "Life Safety and Chemistry",

Тотай Анатолий Васильевич, д.т.н., профессор,
зав. кафедрой «Безопасность жизнедеятельности и
химия» Брянского государственного технического
университета, e-mail: totai_av@mail.ru.

Реутов Александр Алексеевич, д.т.н., профессор
кафедры «Подъемно-транспортные машины и обо-
рудование» Брянского государственного техниче-
ского университета, e-mail: bgtu2012@yandex.ru.

Bryansk State Technical University, e-mail:
totai_av@mail.ru.

Reutov Alexander Alexeevich, Dr. Sc. Tech., Prof.,
Dep. "Hoisting and Transport Machines and Equip-
ment", Bryansk State Technical University, e-mail:
bgtu2012@yandex.ru.