

гин. – Текст : непосредственный // Неразрушающий контроль и диагностика. – 2010. – № 3. – С. 4–14.

4. Горкунов, Э. С. Влияние пластической деформации при гидростатическом давлении на поврежденность и магнитные характеристики низкоуглеродистой стали 3сп / Э. С. Горкунов, С. В. Смирнов, С. С. Родионова. – Текст : непосредственный // Физическая мезомеханика. – 2003. – № 5. – С. 101–108.

5. *Физические основы методов неразрушающего контроля качества изделий* : учебное пособие / под ред. В. Ф. Новикова. – 2-е изд., доп. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2012. – 106 с. – ISBN 978-5-9961-0450-5. – Текст : непосредственный

6. Сандовский, В. А. Исследование магнитной проницаемости стальных образцов в однородном переменном поле при упругой деформации на растяжение / В. А. Сандовский, Е. М. Файншмидт. – Текст : непосредственный // Известия высших учебных заведений «Приборостроение». – 2013. – № 3 (56). – С. 58–64.

7. Влияние механических напряжений на магнитные характеристики конструкционной стали 15ХН4Д / Э. С. Горкунов, С. М. Задворкин, А. Н. Мушников, Е. И. Якушенко. – Текст : электронный // Reddb.ru : [сайт]. – URL: <https://refdb.ru/look/2703688.html> (дата обращения: 01.04.2021).

8. *ГОСТ 1497–84. Металлы. Методы испытаний на растяжение* : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 16.07.84 № 2515 : дата введения 1986-01-01 / разработан и внесен Министерством черной металлургии СССР. – Текст : электронный // Техэксперт : [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200004888> (дата обращения: 01.05.2021).

УДК 669:338.24

Д. В. Родина, Н. К. Казанцева

D. V. Rodina, N. K. Kazantseva

*ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Екатеринбург*

*Ural Federal University named after the first
President of Russia B. N. Yeltsin, Yekaterinburg*

rdv_1998@mail.ru

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ
EVALUATION OF THE EFFICIENCY
OF TECHNOLOGICAL PROCESSES**

Аннотация. Оценка эффективности технологических процессов производства продукции приобретает все большее значение в условиях производства конкурентоспособной продукции. Известные методы, используемые для оценки эффективности технологических процессов, позволяют оценить либо качество готовой продукции, либо от-

дельные показатели действующего технологического процесса. Комплексный подход, предлагаемый российскими специалистами, делает возможным сравнение между собой различающихся по содержанию операций технологических процессов, в основе которых лежат принципиально отличающиеся способы обработки продукции.

Abstract. Evaluation of the efficiency of technological processes of production is becoming increasingly important in the context of the production of competitive products. Well-known methods used to evaluate the effectiveness of technological processes allow us to evaluate either the quality of the finished product or individual indicators of the current technological process. The integrated approach proposed by Russian specialists makes it possible to compare technological processes that differ in the content of operations, which are based on fundamentally different methods of processing products.

Ключевые слова: эффективность; эффективность процесса; процесс производства продукции; факторы, определяющие эффективность технологических процессов.

Keywords: efficiency; process efficiency; production process; factors that determine the efficiency of technological processes.

В настоящее время отечественные металлургические предприятия испытывают острую потребность в повышении конкурентоспособности выпускаемой продукции, что невозможно обеспечить без современных технологий и модернизации оборудования. Качество и конкурентоспособность продукции формируется в процессе её проектирования и производства [1]. При этом важно, чтобы заложенные характеристики продукции было возможно реализовать с помощью выбранной технологии производства.

Целью любого технологического процесса является производство продукции заданного уровня качества с минимальным уровнем затрат.

Согласно ГОСТ Р ИСО 9000–2015 «Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь» под эффективностью понимается соотношение между достигнутым результатом и использованными ресурсами. Достигнутый результат определяется уровнем качества готовой продукции, а использованные ресурсы определяются затратами и зависят непосредственно от особенностей технологического процесса. Технологический процесс должен отвечать требованиям рыночных отношений, а также обладать совокупностью характеристик, в которых отражаются преимущества данного технологического процесса от технологических процессов конкурентов [2].

Обеспечение такого подхода осуществляется с помощью разных инструментов. Например, в ГОСТ Р ИСО 9001–2015 «Системы менеджмента качества. Требования» представлен процессный подход, который включает цикл «Планируй – Делай – Проверяй – Действуй» (PDCA). Стандарт направлен на применение «процессного подхода» при разработке, внедрении и улучшении результативности системы менеджмента качества в целях повышения удовлетворенности потребителей путем выполнения их требований [3].

Применение процессного подхода в системе менеджмента качества позволяет [3]:

- понимать и постоянно выполнять требования;
- рассматривать процессы с точки зрения добавления ими ценности;
- достигать результативного функционирования процессов;
- улучшать процессы на основе оценивания данных и информации.

Согласно ГОСТ Р ИСО 9001–2015 организация должна разработать, внедрить, поддерживать и постоянно улучшать систему менеджмента качества, включая необходимые процессы и их взаимодействия, в соответствии с требованиями стандарта. В настоящее время существуют различные методы оценки эффективности технологического процесса.

Согласно ГОСТ 3.1109–82 «Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий» технологический процесс – это часть производственного процесса, содержащая целенаправленные действия по изменению и (или) определению состояния предмета труда [4]. В свою очередь, согласно ГОСТ 14.004–83 «Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий» производственный процесс – это совокупность всех действий людей и орудий труда, необходимых на данном предприятии для изготовления и ремонта продукции [5].

В теории управления качеством существует большое количество методик, используемых для оценки уровня качества или конкурентоспособности продукции как выхода технологического процесса или уровень самого технологического процесса.

Для решения задачи анализа результативности и эффективности технологических процессов используются такие методы как FMEA (анализ видов и последствий отказов, используемый как для проведения анализа конструкции технического объекта, так и для анализа технологического процесса его производства), QFD (структурирование/развертывание функции качества, используемый для преобразования требований потребителя в технические характеристики продукции, определения направления повышения качества и выявления наиболее значимых технологических операций) и HSP (метод анализа возможности обеспечения стабильности и воспроизводимости процессов и качества продукции) [6].

FMEA – метод проведения анализа конструкции технического объекта (Design FMEA) или технологического процесса (Process FMEA) для определения слабых мест и планирования корректирующих действий по их устранению с целью управления качеством продукции [6]. Целью Process FMEA является улучшение процесса на основе анализа потенциальных несоответ-

ствий процесса с количественным анализом последствий и причин несоответствий.

В соответствии с ГОСТ Р 51814.2–2001 «Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов» предотвращение дефектов или снижение негативных последствий от них, используя метод FMEA, достигается благодаря предвидению дефектов и (или) отказов и их анализу, проводимому на этапах проектирования конструкции и производственных процессов. Метод может быть также использован для доработки и улучшения конструкций и процессов, запущенных в производство [7].

Метод FMEA позволяет проанализировать потенциальные дефекты, их причины и последствия, оценить риски их появления и обнаружения на предприятии и принять меры для устранения или снижения вероятности и ущерба от их появления. Это один из наиболее эффективных методов доработки конструкции технических объектов и процессов их изготовления на таких важнейших стадиях жизненного цикла продукции, как ее разработка и подготовка к производству [7].

Процедура ранжирования характеристик продукции и процесса НСРР, нацеленная на анализ возможности обеспечения заданного уровня стабильности и воспроизводимости процессов [6], существенным преимуществом которой является то, что оценка проводится не только по показателям качества, но и по параметрам технологического процесса, а также определяется технологическая осуществимость операций на имеющемся оборудовании.

Метод QFD – метод развертывания функции качества, заключающийся в преобразовании требований потребителя в показатели качества продукции и наиболее значимые технологические операции [6]. Экспертный метод, в основе которого лежит табличный метод представления данных, со специфической формой таблиц, которые получили название «домик качества». В такой таблице удобно отображать и отслеживать связи между фактическими показателями качества (потребительскими свойствами) и вспомогательными показателями (техническими требованиями).

Помимо приведенных существуют методы, позволяющие оценить частные показатели технологических процессов. Например, методы оценки надежности технологических процессов. ГОСТ 27.202–83 содержит ряд методов для решения широкого спектра инженерных задач по оценке технологических процессов. Вместе с тем, приведенные методы требуют адаптации для решения конкретных задач.

В то же время широко применяются «классические» методы оценки уровня качества продукции как выхода технологического процесса: диаграмма Исикавы, метод ранжирования причин, диаграмма Парето и др. [6].

Однако следует отметить, что существующие методы, как правило, направлены либо на оценку выхода технологического процесса, либо на оценку отдельных показателей действующего технологического процесса, и не позволяют сравнить между собой технологии, различающиеся по содержанию операций [8].

Российские специалисты предлагают проводить оценку эффективности технологических процессов по трём группам показателей [8]:

- показатели качества готовой продукции;
- показатели, характеризующие непосредственно сам оцениваемый процесс;
- показатели затрат на изготовление продукции.

Поскольку приведённые группы показателей являются комплексными, при оценке эффективности технологических процессов их можно разделить на несколько частных показателей.

Показатели качества продукции характеризуют её соответствие нормативной и технической документации и уровень значений этих показателей по сравнению с аналогами. Данные показатели целесообразно выбирать из требований, регламентированных в соответствующей нормативной и технической документации на данный вид продукции.

Показатели технологического процесса могут включать как показатели, характеризующие непосредственно сам технологический процесс, так и показатели, характеризующие возможность обеспечения показателей качества продукции.

Показатели затрат на изготовление продукции могут определяться как экономическими показателями, так и, например, через энергозатраты.

Длительность производственного цикла определяется временем нахождения изделия в технологическом процессе, начиная от момента запуска его в производство до выпуска в виде готовой продукции. Особое значение с точки зрения выявления внутрипроизводственных резервов имеет оценка длительности производственного цикла по сравнению с её уровнем на родственных отраслевых предприятиях-конкурентах [9].

Показатель длительности производственного цикла может быть определён как отношение суммы затрат прошлого труда, живого труда и будущего труда к суммарному полезному эффекту товара у потребителя за нормативный срок службы [9].

Таким образом, к факторам, определяющим эффективность технологических процессов, относятся [10]:

- показатели качества готовой продукции (характеризуют соответствие продукции нормативной и технической документации и уровень значе-

ний этих показателей по сравнению с аналогами – сортамент продукции, геометрические параметры, механические свойства, химический состав стали);

- показатели, характеризующие непосредственно сам оцениваемый процесс (количество операций, процессы, которые лежат в основе операции);
- показатели затрат на изготовление продукции (экономические показатели или расчёт показателей через энергозатраты, цена продукции (с учетом затрат на эксплуатацию, ремонт и обслуживание продукции);
- длительность производственного цикла;
- экономическая составляющая (затраты труда).

Известные методы – FMEA, QFD, HCPP, используемые для оценки эффективности технологических процессов, позволяют оценить либо качество готовой продукции, либо отдельные показатели действующего технологического процесса. Комплексный подход, предлагаемый российскими специалистами, делает возможным сравнение между собой различающихся по содержанию операций технологических процессов, в основе которых лежат принципиально отличающиеся способы обработки продукции.

Список литературы

1. Мокронос, А. Г. Конкуренция и конкурентоспособность : учебное пособие / А. Г. Мокронос, И. Н. Маврина. – Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2014. – 194 с. – ISBN 978-5-7996-1098-2. – Текст : непосредственный.

2. *ГОСТ Р ИСО 9000–2015*. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015 г. № 1390-ст : дата введения 2015-11-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом сертификации. – Текст : электронный // Техэксперт : [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124393>.

3. *ГОСТ Р ИСО 9001–2015*. Системы менеджмента качества. Требования : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 28 сентября 2015 г. № 1391-ст : дата введения 2015-11-01 / разработан Всероссийским научно-исследовательским институтом сертификации. – Текст : электронный // Техэксперт: [сайт]. – URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200124394>

4. *ГОСТ 3.1109–82*. Единая система технологической документации. Термины и определения основных понятий : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 30 июля 1982 г. № 2988 : дата введения 1983-01-01. – Москва : Стандартиформ, 2012. – Текст : непосредственный.

5. *ГОСТ 14.004–83*. Технологическая подготовка производства. Термины и определения основных понятий : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 09.02.83 № 714 : дата введения 1983-07-01 / разработан Государственным комитетом СССР по стандартам. – Москва : Стандартиформ, 2009. – Текст : непосредственный.

6. *Всеобщее управление качеством* : учебник для вузов / О. П. Глудкин, Н. М. Горбунов, А. И. Гуров, Ю. В. Зорин ; под ред. О. П. Глудкина. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2001. – 600 с. – ISBN 5-93208-087-6. – Текст : непосредственный.

7. *ГОСТ Р 51814.2–2001*. Системы качества в автомобилестроении. Метод анализа видов и последствий потенциальных дефектов : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 2 октября 2001 г. № 401-ст : дата введения 2002-01-01 / разработан Научно-исследовательским центром контроля и диагностики технических систем. – Москва : Стандартинформ, 2020. – Текст : непосредственный.

8. *Оценка и управление технологическими процессами производства бунтовой арматурной стали* / В. А. Харитонов, Н. В. Мелихова, И. М. Петров. – Текст : непосредственный // *Качество в обработке материалов*. – 2015. – № 1. – С. 49–54.

9. *Берновский, Ю. Н.* Стандарты и качество продукции : учебно-практическое пособие / Ю. Н. Берновский. – Москва : Форум, 2014. – 256 с. – ISBN 978-5-91134-838-0. – Текст : непосредственный.

10. *Управление качеством продукции на современных промышленных предприятиях* : монография / С. А. Федосеев, М. Б. Гитман, В. Ю. Столбов. – Пермь : Изд-во Пермского нац. исслед. политехнического ун-та, 2011. – 229 с. – ISBN 978-5-398-00657-5. – Текст : непосредственный.

УДК 681.518.5:658.562.4

А. М. Слязин¹, Г. Н. Мигачева¹, В. П. Паньков²

A. M. Slyazin, G. N. Migacheva, V. P. Pankov

¹*ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет», Екатеринбург*

²*АО «НПК «Уралвагонзавод», Нижний Тагил*

*Russian State Vocational Pedagogical University, Yekaterinburg
JSC» NPK» Uralvagonzavod», Nizhny Tagil*

galnic42@gmail.com

**МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ
ДЕТАЛИ «КАРТЕР КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ»
С ПРИМЕНЕНИЕМ КООРДИНАТНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ
MODERNIZATION OF THE PROCESS OF TECHNICAL INSPECTION
OF THE «GEARBOX CASE» DETAIL WITH
THE USE OF COORDINATE MEASURING MACHINE**

Аннотация. В данной работе приведен пример разработки процесса контроля детали «Картер коробки передач» с использованием координатно-измерительной машины Carl Zeiss Accura II.

Abstract. In this paper, an example of the development of the process of control of the «Gearbox housing» part using the Carl Zeiss Accura II coordinate measuring machine is given.