

УДК 658.5

doi:10.18720/SPBPU/2/id24-122

Е.Г. Деева¹, Д.П. Гасюк²

К ВОПРОСУ ОБОСНОВАНИЯ ТРЕБОВАНИЙ К РАЗРАБОТКЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА МЕТРОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ МАШИНОСТРОЕНИЯ В УСЛОВИЯХ ПОЗАКАЗНОГО ПРОИЗВОДСТВА



¹Елизавета Георгиевна Деева,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра
Великого
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: (921)323-6279, E-mail: deeva.eg@edu.spbstu.ru



²Дмитрий Петрович Гасюк,
Санкт-Петербургский политехнический университет Петра
Великого
Россия, Санкт-Петербург
Тел.: (911)281-0772, E-mail: cz_tipt@mail.ru.

Аннотация

В работе рассмотрены условия и факторы проведения операций контроля технологического процесса для дальнейшей разработки цифрового двойника метрологического обеспечения достоверности результатов технического контроля качества продукции.

Ключевые слова: технологический процесс, качество, технический контроль, измерения, достоверность.

Введение

Цель данного исследования – обеспечение достоверности результатов технического контроля качества продукции на основе разработки цифрового двойника метрологического обеспечения, позволяющего реализовать принцип многовариантности его проведения в интересах

сокращения трудоёмкости технического контроля качества продукции при проектировании технологического процесса в условия позаказного производства.

Задачи исследования:

- проведение анализа свойств технологического процесса в процессе его проектирования в условиях позаказного производства;
- прогнозирование условий и выявление факторов, влияющих на приёмы и способы выбора средств технического контроля.

Методы

Достижение поставленной цели обеспечения заданного уровня качества продукции машиностроения предполагает разработку цифрового двойника метрологического обеспечения, обеспечивающего повышение достоверности информации о качестве продукции в процессе его создания на основе анализа условий и факторов, влияющих на процесс технического контроля.

Результаты

На основе [1] схема стадий жизненного цикла продукции машиностроения (ЖЦПМ) может быть представлена временной осью, приведенной на рис. 1.

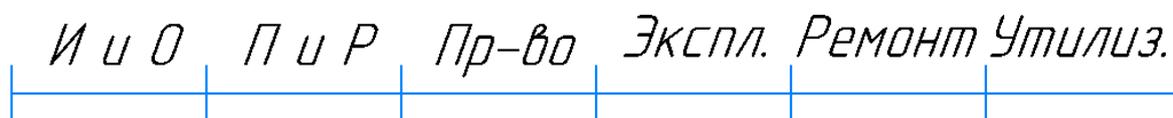


Рис. 1. Стадии жизненного цикла продукции машиностроения

1. Исследование и обоснование
2. Разработка и проектирование
3. Производство
4. Эксплуатация
5. Ремонт
6. Утилизация

Первым этапом стадии «Разработка и проектирование» является согласование технического задания (ТЗ), в процессе которого согласовываются требования по «технологичности» будущей продукции, задаваемой заказчиком, в соответствии с положениями [2].

Основными критериями рациональности при проектировании технологических процессов изготовления продукции машиностроения в

интересах сокращения затрат на их реализацию были приняты свойства **трудоемкость** (ч/час) и **материалоемкость**.

При проектировании технологического процесса на маршруте его реализации назначаются **контрольные точки** [3], которые отражают процедуры технического контроля качества начиная с входного контроля сырья, материалов, межоперационного контроля полуфабрикатов в ходе истечения технологического процесса и до получения информации о качестве готовой продукции по завершению технологического процесса.

Проведение операций технического контроля на каждой контрольной точке сопровождается временными затратами на их проведение - $\Delta t_{вх}, \Delta t_1, \dots, \Delta t_n$, что в совокупности увеличивает трудоёмкость технологического процесса в целом. Графическая иллюстрация динамики временных затрат на проведение технического контроля при изготовлении продукции представлена на рис. 2.

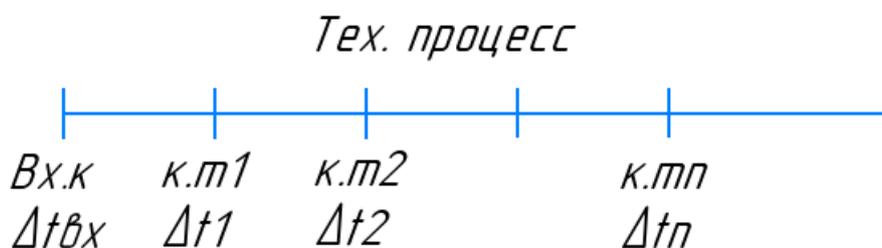


Рис. 2. Послеоперационные контрольные точки

В итоге суммарная трудоемкость технического контроля представлена как:

$$T_{\Sigma \text{TK}} = \sum_{i=1}^n \Delta t_i \rightarrow \min \quad (1)$$

Проведенные ранее исследования [4] свидетельствуют о том, что продолжительность времени, затрачиваемого на проведение технического контроля должна быть рациональной.

С одной стороны - должна обеспечивать получение достоверных результатов технического контроля функциональных свойств назначения продукции.

С другой – получение информации за минимальное время продолжительности данного контроля в ходе реализации технологического процесса изготовления продукции и составлять не более 20-25% от его продолжительности.

$$\frac{T_{\Sigma \text{TK}}}{T_{\text{ТП}}} \cdot 100\% \geq 25\% \quad (2)$$

Под достоверностью контроля понимают степень объективного отображения результатов технического контроля действительного технического состояния продукции [5].

На основе [6] при выборе средств контроля должны учитываться:

- вид объекта контроля;
- вид контроля;
- вид контролируемого;
- номинальные значения и допуски контролируемых параметров;
- допускаемая погрешность измерения.

Согласно [7] объектом аттестации является технологический процесс.

Работа по аттестации проводится в два этапа: вначале оценивается уровень технологических процессов, затем производится непосредственно аттестация технологических процессов.

Результаты аттестации технологических процессов используются при:

- вынесении решения о технологической готовности предприятия к выпуску продукции, заданного заказчиком уровня качества в ТЗ;
- аттестации рабочих мест;

Проведение метрологической экспертизы:

- вновь разработанной конструкторской документации на средства технологического оснащения в соответствии с [8]:

- технологической документации на новые технологические процессы ;

- методик (калибровки средств измерений (СИ), оценки соответствия технических систем и устройств с измерительными функциями, проверки контрольного оборудования и индикаторов);

- программ и методик первичной аттестации нового испытательного оборудования;

- операций входного контроля с использованием СИ и испытаний при верификации закупаемой продукции;

- методов проверки нового оборудования на технологическую точность;

- программ и методик квалификационных испытаний продукции по завершению освоения нового производства.

Согласно [9] точность - степень близости результата измерений к принятому опорному значению.

На точность влияет погрешность, разность между измеренным значением величины и опорным значением величины [10].

Чем выше погрешность, тем ниже точность. Чем ниже погрешность, тем выше точность.

Обсуждение

Первым шагом обеспечения достоверности результатов операции технического контроля является выбор СИ. На выбор СИ в интересах обеспечения достоверности результатов технического контроля качества продукции в процессе её производства необходимо провести анализ условий проведения операции технического контроля качества продукции и выявить факторы, влияющие на достоверность.

Проведенные исследования позволяют отнести к наиболее существенным факторам такие как, инструментальная погрешность СИ, погрешность методик измерений, трудоёмкость проведения измерений и обработки их результатов, а так же условия проведения технического контроля.

В современных условиях управления машиностроительным производством на основе цифровых технологий представляется возможным разработка **цифрового двойника процесса метрологического обеспечения** данного производства [11]. Под **цифровым двойником** рассматривается система, состоящая из цифровой модели процесса метрологического обеспечения и двусторонних его информационных связей с процессом технического контроля качества продукции машиностроения и технологическим процессом её изготовления. Цифровой двойник должен содержать приёмы и способы учёта данных факторов, как систему, позволяющую осуществлять на основе реализации принципа многовариантности выбор средств контроля, обеспечивающих достоверность проведения технического контроля качества продукции в процессе производства с вероятностью - $P_{дост} \geq 0,95$.

Данная система должна обеспечивать сокращение трудоёмкости контрольных операций, а, следовательно, и технологического процесса в целом.

Заключение

В статье представлены факторы, влияющие на выбор средств технического контроля, и отражено содержание подхода к обеспечению заданного заказчиком уровня качества продукции на основе разработки цифрового двойника метрологического обеспечения в интересах выбора рационального варианта технического контроля качества выпускаемой продукции при соблюдении условия достижения требуемой достоверности результатов технического контроля и сокращения его трудоёмкости в технологическом процессе.

В конечном итоге, реализация данного подхода существенно повысит эффективность производства машиностроения при соблюдении требований по обеспечению достоверности ($P_{доctm} \geq 0,95$) результатов технического контроля качества продукции машиностроения в условиях позаказного производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] ГОСТ Р 15.000-2016. Система разработки и постановки продукции на производство.
- [2] ГОСТ 14.201-83 Единая система технологической подготовки производства. Обеспечение технологичности конструкции изделий. Общие требования.
- [3] ГОСТ 26656-85 Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования.
- [4] Гасюк Д.П., Гусев В.В. Группировка и систематизация факторов, воздействующих на качество технологических процессов в машиностроительном производстве. СПб., Сборник научных трудов "Модели и методы развития технологий машиностроения в условиях цифровизации экономики России", ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023. с.147...150.
- [5] Э.А. Болелов, Е.Б. Биктеева, К.Н. Матюхин. Технические средства контроля при эксплуатации радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта. Москва. Учебно-методическое пособие, МГТУ ГА, 2019, с 4.
- [6] Р 50-609-39-01. Правила выбора средств контроля. Рекомендации по порядку выбора и требованиям к контролю.
- [7] РД 50-532-85. Методические указания. ЕСТПП. Аттестация технологических процессов.
- [8] ГОСТ Р 56098-2014. Системы космические. Метрологическая экспертиза конструкторской документации.
- [9] ГОСТ Р ИСО 5725-1-2002. Точность (правильность и прецизионность) методов и результатов измерений.
- [10] РМГ 91 — 2019. Государственная система обеспечения единства измерений. Использование понятий «погрешность измерения» и «неопределенность измерений» общие принципы.
- [11] Гасюк Д.П. Цифровые технологии и их роль в управлении полным жизненным циклом продукции машиностроения. СПб., Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции молодых учёных "Инновационные идеи в машиностроении" ПОЛИТЕХ-ПРЕСС, 2023.198 с. с.4...8.

ON THE ISSUE OF SUBSTANTIATING THE REQUIREMENT FOR THE DEVELOPMENT OF A DIGITAL DOUBLE OF METROLOGICAL SUPPORT IN TERMS OF MEETING THE REQUIREMENTS FOR THE RELIABILITY OF THE RESULTS OF TECHNICAL CONTROL OF MECHANICAL ENGINEERING PRODUCTS IN THE CONDITIONS OF ORDER PRODUCTION

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Russia

Abstract

The paper considers the conditions and factors of technological process control operations for the further development of a digital double of metrological assurance of the reliability of the results of technical quality control of products.

Key words: technological process, quality, technical control, measurements, reliability.

REFERENCES

- [1] GOST R 15.000-2016. System of product development and launching into manufacture. Basic provisions (rus.).
- [2] GOST 14.201-83 Provision of technological efficiency of design production. General requirements
- [3] GOST 26656-85 Technical diagnostics. Testability. General requirements (rus.).
- [4] Gasjuk D.P., Gusev V.V. Gruppировка i sistematizacija faktorov, vozdejstvujushih na kachestvo tehnologicheskikh processov v mashinostroitel'nom proizvodstve [Grouping and systematization of factors affecting the quality of technological processes in machine-building production] St. Petersburg: POLITEH-PRESS Publ, 2023. Pp.147-150. (rus.).
- [5] Je.A. Bolelov, E.B. Bikteeva, K.N. Matjuhin Tehnicheskie sredstva kontrolja pri jekspluatacii radiojelektronnogo oborudovanija vozdušnogo transporta [Technical means of control during the operation of radio-electronic equipment of air transport]. Moscow: MGTU GA Publ., 2019, p. 4. (rus.).
- [6] R 50-609-39-01. Pravila vybora sredstv kontrolja. Rekomendacii po porjadku vybora i trebovanijam k kontrolju [Rules for the selection of controls] (rus.).

- [7] RD 50-532-85. Metodicheskie ukazanija. ESTPP. Attestacija tehnologicheskikh processov [Methodological guidelines. ESTPP. Certification of technological processes]/ (rus.).
- [8] GOST R 56098-2014. Space systems. Metrological examination design documentation. Organization and procedure (rus.).
- [9] GOST R ISO 5725-1-2002. Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results Part 1. General principles and definitions (rus.).
- [10] RMG 91 — 2019. State system for ensuring the uniformity of measurements. Use of concepts «error of measurement» and «uncertainty of measurement». General principles (rus.).
- [11] Gasjuk D.P. Cifrovye tehnologii i ih rol' v upravlenii polnym zhiznennym ciklom produkcii mashinostroenija. [Digital technologies and their role in managing the full life cycle of mechanical engineering products]. St. Petersburg: POLITEH-PRESS Publ., 2023.198 p. Pp.4-8. (rus.).