

РАЗРАБОТКА ПОДХОДА К ОБЕСПЕЧЕНИЮ И УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ПРОДУКЦИИ НА ОСНОВЕ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ И КОНЦЕПЦИИ ВНУТРЕННИХ ПОСТАВЩИКОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Тихонов М.Р., Вышлов В.А.

*Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва,
e-mail: kurotenshi91@yandex.ru*

Целью данного исследования является анализ возможностей, связанных с уменьшением рисков потребителя и поставщика при производстве и контроле продукции на выходе, на основе нового подхода, заключающегося в использовании концепции внутренних потребителей и внутренних поставщиков. Такой подход позволяет управлять упомянутыми рисками в ходе производственного процесса за счет изменения вариативности характеристик средств измерений, контроля и испытаний, так же как и самого технологического процесса, принимая во внимание множество технологических операций, реализующих данный процесс. С этой целью предлагается проанализировать соотношение не только полей допусков показателей качества продукции и доверительные интервалы средств измерения и контроля на выходе, но и соотношения полей рассеивания показателей качества продукции и доверительные интервалы средств измерения и контроля, а также возможного смещения их границ на этапе технологического контроля. С учетом сказанного были проанализированы и выявлены особенности оценивания и управления рисками внутренних потребителей и поставщиков при выполнении последовательности операций технологического процесса. Проанализированы основные факторы рисков для формирования показателей качества продукции в ходе выполнения технологических операций, а также для получения достоверной информации от средств измерений и контроля, работающих в цеховых условиях. Предложения, представленные в работе, являются основой для построения математической модели, отражающей основные положения и принципы предложенного подхода.

Ключевые слова: оценка качества, поле допуска и поле рассеивания, производственный допуск, вариативность показателей качества продукции и результатов измерения и контроля, средства измерений и контроля, внутренние поставщики и внутренние потребители

DEVELOPMENT OF AN APPROACH TO PRODUCT QUALITY ASSURANCE AND MANAGEMENT BASED ON PREDICTIVE ANALYTICS AND THE CONCEPT OF INTERNAL SUPPLIERS AND CONSUMERS

Tikhonov M.R., Vyshlov V.A.

National Research University of Electronic Technology, Moscow, e-mail: kurotenshi91@yandex.ru

The objective of this study is to analyze the possibilities for reducing consumer and supplier risks in production and output control based on a new approach involving the use of the concept of internal consumers and internal suppliers. This approach allows managing the above-mentioned risks during the production process by changing the variability of the characteristics of measuring, control and testing instruments, as well as the process itself, taking into account many process operations implementing this process. For this purpose, it is proposed to analyze the ratio of not only the tolerance fields of product quality indicators and the confidence intervals of the measuring and control instruments at the output, but also the ratio of the dispersion fields of product quality indicators and the confidence intervals of the measuring and control instruments, as well as the possible shift of their boundaries at the process control stage. Taking into account the above, the features of assessing and managing the risks of internal consumers and suppliers during the sequence of process operations were analyzed and identified. The main risk factors for the formation of product quality indicators during process operations, as well as for obtaining reliable information from the measuring and control instruments operating in shop floor conditions were analyzed. The proposals presented in the work are the basis for constructing a mathematical model that reflects the main provisions and principles of the proposed approach.

Keywords: quality assessment, tolerance field and scattering field, production tolerance, variability of product quality indicators and measurement and control results, measurement and control instruments, internal suppliers and internal consumers

Введение

Оценка качества продукции в ходе выполнения технологического процесса не является тривиальной задачей, связанной с учетом влияния вариативности как самого технологического процесса, так и средств измерений и контроля, с помощью которых осуществляется получение контрольно-измерительной информации о показателях

качества продукции. Такая оценка, как правило, осуществляется на этапе выходного контроля качества изделий и проводится по завершении всего технологического процесса. Однако следует заметить, что проявление вариативности, исходящей из двух указанных источников, способно увеличивать вероятности ошибок первого и второго рода (риска потребителя и риска поставщи-

ка) пропорционально количеству операций в процессе, что ожидаемо будет уменьшает долю годной продукции в партии, а это, соответственно, приведет к увеличению издержек производства, и организации в целом, из-за необходимости устранения брака, переналадки технологического оборудования, из-за простоев и т.д. Следовательно, актуальными и рациональными представляются действия, связанные с разработкой такого подхода, на основе которого оценка и управление рисками внутренних поставщиков и внутренних потребителей стали бы не общепринятым, привычным инструментом разбраковки продукции на годную и бракованную, а эффективным средством управления технологическим процессом. Таким образом, следует особо отметить, что использование концепции внутренних потребителей и внутренних поставщиков, и соответственно рисков внутренних потребителей и внутренних поставщиков, может позволить перенести «центр тяжести», в обеспечении и контроле качества продукции, с операций разбраковки продукции на выходе – на операции контроля и управления вариабельностями в ходе выполнения технологического процесса, то есть в ходе формирования качества продукции.

Цель исследования: анализ возможностей, связанных с уменьшением рисков потребителя и поставщика при производстве и контроле продукции на выходе, на основе нового подхода, заключающегося в использовании концепции внутренних потребителей и внутренних поставщиков.

Материал и методы исследования

Отбраковка изделий предполагает принятие решения о соответствии показателей качества продукции заданным требованиям и диапазонам допустимых значений [1]. Однако, как отмечалось ранее, проявление вариабельности, как технологической среды, так и контрольно-измерительной, неминуемо приведет к ошибкам первого и второго рода, которые в процессе контроля качества изделий найдут уже свое проявление в виде рисков потребителей и поставщиков.

Риск потребителя подразумевает отнесение изделия, не соответствующего предъявляемым к нему требованиям и критериям качества, к годным. Такая ситуация может привести к невозможности функционального использования выпущенного изделия или невыполнению ряда требований потребителя и, как следствие, уменьшению доверия потребителя к организации-производителю и качеству его продукции. Указанный риск может привести к значимым потерям как в ближнем горизонте, так

и в долгосрочной перспективе, а размер таких потерь может быть в разы больше того, что было затрачено на производство единицы продукции.

Риск поставщика подразумевает отнесение изделия, соответствующего предъявляемым к нему требованиям и критериям качества, к негодным. Недопуск произведенного изделия до конечного пользователя приводит к невозмещенным издержкам, затраченным на создание продукции (утраченная прибыль). Данный риск приводит к потерям в краткосрочной перспективе, а их величина равна стоимости производства единицы продукции.

Вопросы отнесения изделий к группам годных или не годных для выпуска связаны не только с полями рассеяния показателей качества продукции в технологическом процессе (которые характеризуют погрешность изготовления), но и с доверительными интервалами контрольно-измерительного оборудования (которые характеризуют погрешность измерения), применяемого при контроле и оценке качества продукции.

Для стабильного, статистически устойчивого и управляемого технологического процесса функция распределения вероятности значений показателей качества продукции, а также функция распределения вероятности результатов наблюдений, связанная с контрольно-измерительным оборудованием, как правило, принимаются соответствующими нормальному распределению.

Графики, характеризующие разброс показателей качества продукции в пределах поля рассеяния в технологическом процессе и разброс результатов наблюдений в пределах доверительного интервала контрольно-измерительного оборудования, представлены на рисунке 1. Поле рассеяния показателей качества продукции, представленное T_x , отображает диапазон допустимых значений показателей качества продукции, свидетельствующий о ее годности, и зависит от вариабельности процесса и его управляемости. Этот диапазон ограничен нижним и верхним допустимым значением характеристики – X_n и X_v . Он может быть представлен реальными предельными значениями либо средними квадратическими отклонениями σ (σ (сигма) – мера, которая характеризует разброс случайной величины от среднего значения). Для контрольно-измерительного оборудования поля доверительного интервала отображаются как ΔX , и они зависят от настройки и точности применяемых контрольно-измерительных средств. Представленный на рисунке масштаб графиков разброса значений измерительного оборудования является условным.

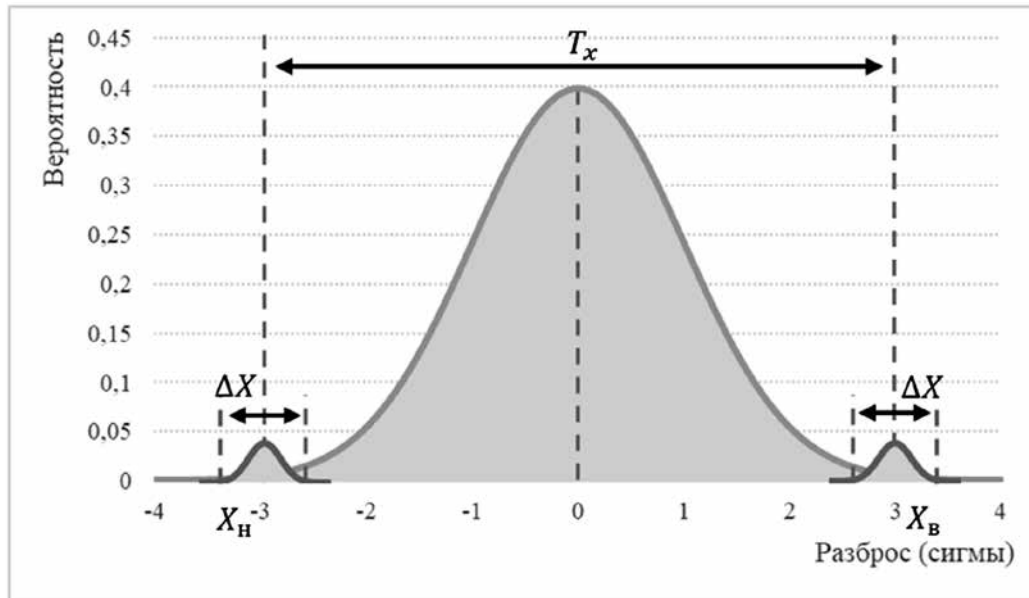


Рис. 1. Графики, характеризующие разброс показателей качества продукции в пределах поля рассеяния в технологическом процессе и разброс результатов наблюдений в пределах доверительного интервала контрольно-измерительного оборудования

Таким образом, необходимая точность реализации технологического процесса, по критериям рисков внутренних потребителей и поставщиков, может быть обеспечена за счет следующих влияющих факторов: уменьшения ширины поля рассеяния T_x при выполнении отдельных технологических операций; уменьшения ширины поля доверительного интервала средств измерения и контроля ΔX ; смещения ΔX относительно X_H и X_B .

Результаты исследования и их обсуждение

Учитывая тот факт, что технологический процесс состоит из множества операций, вероятность рисков потребителей и поставщиков, которые могли бы быть оценены как несущественные для единичной операции, для нескольких последовательных операций увеличивает значимость потерь в существенной мере. Для учета подобного рода рисков целесообразно было бы рассматривать проблему на основе процессного подхода и использовать концепцию внутренних поставщиков и внутренних потребителей, участвующих в процессе. Внутренними потребителями называют процессы, которые получают на вход продукт рассматриваемого процесса, а внутренними поставщиками называют процессы, предоставляющие свои продукты как входные для рассматриваемого процесса.

Последовательно выстроенные операции предполагают передачу продукции

от одного этапа процесса к другому и формируют, таким образом, цепочки внутренних поставщиков и потребителей.

При проведении декомпозиции основного технологического процесса изготовления продукции и процесса, связанного с оценкой качества разбраковки продукции на выходе по критериям риск потребителя (конечного) – риск поставщика (конечного), необходимо выделить наиболее важные принципы, которыми являются [2-4]:

- непротиворечивость учета внутреннего поставщика учету внешнего поставщика. Такие поставщики с точки зрения передачи продукции являются схожими и, как следствие, большинство применяемых методов взаимодействия могут быть одинаковыми;

- непротиворечивость учета внутреннего потребителя учету внешнего потребителя. Ориентация на требования потребителя, вне зависимости от его отношения к организации и положения в ней, дает возможность применять схожие методики при управлении качеством продукции;

- возможность оценивания полей рассеяния (голоса процесса) и полей допусков (голос потребителя) показателей качества продукции в технологическом процессе на каждой его операции. Оценка этих показателей может быть проведена для большинства операций;

- возможность оценивания разброса показателей качества продукции, в пределах поля рассеяния в технологическом процессе, и разброса результатов наблюдений,

в пределах доверительного интервала контрольно-измерительного оборудования, на каждой операции технологического процесса. Применение контрольно-измерительных средств для оценивания промежуточных значений показателей качества продукции, с последующим управлением процессом, может привести к изменению общей вариабельности процесса в целом.

Взаимодействие внутренних поставщиков и потребителей на последовательных этапах технологического процесса операций представлено на рисунке 2.

На каждой операции, входящей в рассматриваемую цепочку внутренних поставщиков и потребителей, возможна оценка рисков внутренних поставщиков и потребителей с учетом T_x и ΔX а также с учетом смещения ΔX относительно X_n и X_e , позволяющая сформировать объективное представление о качестве выполнения как отдельной операции, так и всего процесса в целом.

Разброс показателей качества продукции и связанных с этим рисков в технологическом процессе на каждой операции может быть обусловлен следующими основными факторами [5; 6]:

- влияние внешней среды. События, происходящие вне границ организации, влияющие на технологический процесс;

- действия сотрудников. Случайные или целенаправленные действия персонала в операциях процесса;

- несовершенство оборудования. Стабильность работоспособности оборудования не является абсолютной и зависит от особенностей его структуры и количества его элементов;

- низкое качество сырья. Получаемая извне организации продукция, применяемая для формирования изделий, влияет на возможные риски в процессе производства;

- некорректно выбранная процедура. Выбранные процедуры проведения процессов, в том числе производственных, могут привести к ошибкам и, как следствие, возникновению рискованных событий.

Разброс результатов измерений и контроля, обусловленный несовершенством контрольно-измерительной техники и свя-

занных с этим рисков, на каждой контрольной операции обусловлен следующими основными факторами [7; 8]:

- влияние внешней среды. При проведении экспериментальных исследований с использованием контрольно-измерительной техники невозможно обеспечить полное исключение влияния внешней среды на результаты оценки;

- действия сотрудников. Личностные ошибки операторов и контролеров при применении контрольно-измерительной техники;

- несовершенство оборудования. Наличие инструментальных и аппаратных погрешностей, обусловленных несовершенством контрольно-измерительной техники, не позволяет получать действительные значения результатов измерений;

- некорректно выбранная процедура. Отсутствие или невыполнение требований методики измерений, ошибки в выборе последовательности действий при выполнении контрольно-измерительных операций.

Схожесть представленных выше факторов создает объективную основу для организации и осуществления совместного управления с учетом значений и соотношений T_x и ΔX , а также смещения ΔX относительно X_n и X_e .

Здесь представляется целесообразным вспомнить, что на этапе выходного контроля, где при оценивании качества продукции определяются риски конечных потребителя и поставщика, при контроле партии изделий вероятность ошибок первого и второго рода тем больше, чем больше дисперсия (или стандартное отклонение) погрешности измерений.

В практике контроля партий изделий влияние погрешностей измерения оценивают двумя параметрами:

- m – число изделий (в процентах от общего числа измеренных), имеющих параметры, выходящие за допустимые пределы, но признанных годными (за счет ошибок 2-го рода);

- n – число изделий (в процентах от общего числа измеренных), имеющих параметры в пределах допустимых, но забракованных (за счет ошибок 1-го рода).

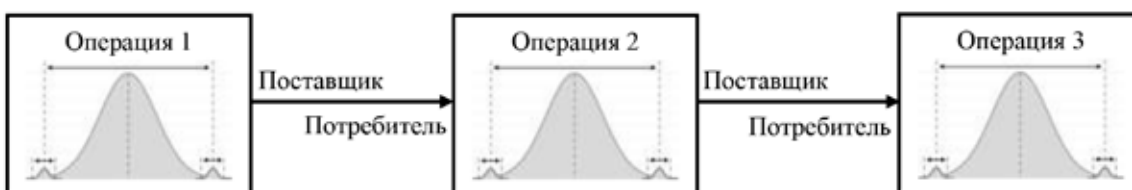


Рис. 2. Взаимосвязь внутренних поставщиков и потребителей в операциях технологического процесса

Параметры m и n определяют по таблицам в зависимости от законов распределения измеряемого параметра и погрешности измерения, а также от отношения

$$A_{\sigma} = (\sigma / T_x) \times 100\%,$$

где σ – стандартное отклонение погрешности измерения; T_x – допуск контролируемого параметра (таблица).

Меньшие значения m и n в интервалах соответствуют распределению погрешности измерения по нормальному закону, большие – по закону равной вероятности; для рассеивания значений измеряемого параметра принято нормальное распределение.

Предельные значения параметров разбраковки (ГОСТ 8.051-81)

$A_{\sigma}, \%$	$n, \%$	$m, \%$
1,6	0,70-0,75	0,37-0,39
3	1,2-1,3	0,87-0,90
5	2,00-2,25	1,60-1,70
8	3,40-3,70	2,60-2,80
12	5,40-5,80	3,75-4,11
16	7,80-8,25	5,00-5,40

Приемочные границы, т.е. предельные значения параметров, по которым производится приемка продукции, в соответствии с ГОСТ 8.051-81 устанавливаются с учетом допускаемой погрешности измерения ΔX .

При этом поле рассеяния (голос процесса у внутреннего поставщика) для параметра рассматривают как поле, в которое фактически попадают отклонения параметров. Ширина данного поля обусловлена влиянием совокупности факторов, указанных выше, которые и приводят к вариабельности характеристик технологического процесса и, как следствие, не позволяют получить требуемое точное значение параметра.

В свою очередь, наличие вариабельности в процессе выполнения контрольно-измерительных операций приводит к появлению погрешностей, не позволяющих получить точную оценку значения параметра.

Принимая во внимание сказанное, в целях расширения возможностей для настройки технологического процесса и последующего его сопровождения-управления, представляется целесообразным, помимо упоминаемых факторов, определяющих качество технологического процесса и, как следствие, качества продукции (T_x и ΔX), устанавливать приемочные границы [9, с. 154; 10, с. 35].

Приемочные границы, как правило, устанавливаются двумя способами.

При использовании первого способа приемочные границы устанавливают так, чтобы центр группирования доверительного интервала контрольно-измерительных средств совпадал с нижним и верхним допустимым значением характеристики – X_n и X_g (рис. 1, 2), при этом влияние погрешности контрольно-измерительных средств учитывается разработчиком при выборе качества, класса или степени точности.

При использовании второго способа приемочные границы устанавливают смещенными относительно нижнего и верхнего допустимых значений характеристики – X_n и X_g , внутрь поля рассеяния с учетом влияния погрешности контрольно-измерительных операций (рис. 3).

Первый способ, с точки зрения технико-экономических соображений, считается более целесообразным и поэтому более предпочтительным. Однако при этом, из-за несовершенства контрольно-измерительной техники и, как следствие, существенного влияния погрешностей на результаты разбраковки, о себе неминуемо напомнят ошибки первого и второго рода (риск потребителя и риск поставщика). Чтобы минимизировать риск потребителя, применяют второй способ.

При использовании второго способа, при смещении приемочных границ на величину ΔX , следует говорить о введении производственного допуска $T_{пр}$. Этот способ, на этапе выходного контроля, является менее предпочтительным, чем первый, однако при выполнении технологического процесса, основанного на концепции внутренних поставщиков и внутренних потребителей, такой подход может представлять определенный интерес.

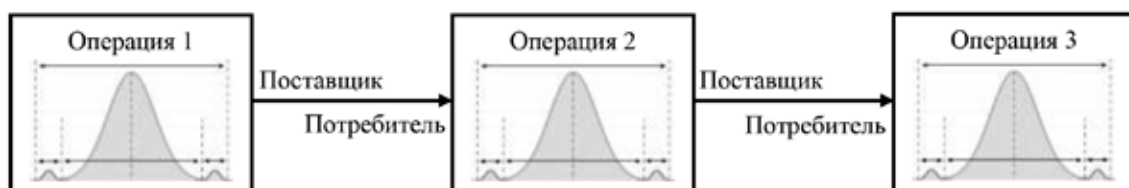


Рис. 3. Измененные границы полей рассеяния в операциях технологического процесса

И наконец, в случае организации технологического контроля на основе концепции внутренних поставщиков и внутренних потребителей, возможен третий способ, заключающийся не в дискретном, а в гибком смещении центра группирования доверительного интервала контрольно-измерительных средств ΔX относительно нижнего и верхнего допустимых значений характеристики – X_n и X_6 .

Такой подход позволит варьировать рисками внутреннего потребителя и внутреннего поставщика целенаправленно, в зависимости и с учетом возможностей технологического процесса, обеспечивать возможность на каждой последующей операции исправлять брак, полученный на предыдущей.

Однако следует особо отметить, что оптимальное или рациональное решение при выборе и использовании рассмотренных возможностей организации и осуществления технологического процесса следует искать в сфере технико-экономического анализа.

Оценки рисков внутренних потребителей и внутренних поставщиков, в ходе выполнения технологического процесса, могут послужить объективной основой для оценки потерь, затрат и, как следствие, прибыли.

Выводы

В ходе исследования были решены следующие задачи:

1. Предложено, в рамках процессного подхода, использовать концепцию внутренних поставщиков и внутренних потребителей в целях обеспечения, управления и улучшения качества продукции на этапе производства. Такая концепция позволяет управлять рисками в ходе производственного процесса за счет изменения вариабельности характеристик средств измерений, контроля и испытаний, так же как и самого технологического процесса, принимая во внимание множество технологических операций, реализующих данный процесс.

2. Рассмотрены возможности трансплантации методики оценивания качества выпускаемой продукции, используемой на этапе выходного контроля и заключающейся в определении рисков потребителя и рисков поставщика, в зависимости от соотношения полей рассеяния показателей качества продукции и доверительных интервалов контрольно-измерительных средств, на этапы технологических операций производственного процесса, где осуществляется оценивание рисков внутренних потребителей и внутренних поставщиков не в целях контроля показателей качества продукции и ее рабровокки, а в целях получения ин-

формации для обеспечения и управления качеством на этапах его формирования.

3. Проанализированы и определены условия и принципы, на основе которых было бы возможным реализовать предлагаемый подход. К ним относятся: непротиворечивость учета интересов внутреннего поставщика; непротиворечивость учета интересов внутреннего потребителя; возможность оценивания полей рассеяния показателей качества продукции на каждой технологической операции; возможность оценивания доверительных интервалов для погрешностей контрольно-измерительных средств, используемых на каждой операции технологического процесса.

4. В створе концепции внутренних поставщиков и внутренних потребителей подтверждены основные факторы, определяющие системную среду качества технологического процесса. К ним относятся: поля рассеяния показателей качества T_x ; доверительные интервалы ΔX для погрешностей контрольно-измерительных средств, а также возможность устанавливать смещенные границы доверительных интервалов относительно нижнего и верхнего допустимых значений поля рассеяния – X_n и X_6 , внутри поля рассеяния с учетом влияния погрешности контрольно-измерительных операций.

5. Варьирование указанными влияющими факторами позволит получить набор вариантов, содержащих полезную информацию, в виде рисков внутренних поставщиков и внутренних потребителей, на основании которой, с использованием технико-экономического анализа, можно будет определить уровень потерь и принять обоснованное решение в отношении обеспечения, поддержания и управления качеством выпускаемой продукции.

Предложенный в данном исследовании подход к анализу и оцениванию качества продукции может быть использован при формировании системной технологической среды качества, позволяющей минимизировать потери на этапах производства и контроля. Планирование и организация производства, с учетом предложенного подхода, может позволить создать необходимые условия для обеспечения, управления и улучшения качества выпускаемой продукции. Для успешного использования и реализации данного подхода необходимым условием представляется разработка и совершенствование соответствующего математического аппарата, построенного на основе, например, функционально-стоимостного анализа.

Список литературы

1. Масыгин В.Б., Денисова В.Б., Артюх Р.Л. Применение методики размерного анализа для обеспечения минимальных значений операционных припусков в технологическом процессе механической обработки // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2022. № 11. С.65-71. DOI: 10.17513/mjrfi.13469.
2. Александров И.А., Муранов А.Н., Червяков Л.М. Повышение качества проектирования технологических процессов механической обработки // Справочник. Инженерный журнал. 2024. № 1(322). С. 33-38. DOI 10.14489/hb.2024.01.pp.033-038.
3. Ягьяев Э.Э. Технологические методы обеспечения стабильности качества деталей процесса чистового шлифования // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. 2021. № 3(73). С. 181-185. DOI: 10.34771/UZCERU.2021.73.3.038.
4. Корчунов А.Г. Математические модели управления показателями качества продукции в технологических процессах обработки. Качество в обработке материалов // 2015. № 1 (3). С. 62-67. URL: <https://www.magtu.ru/servisy-sajta/fajlovyj-arkhiv/send/303-kachestvo-v-obrabotke-materialov/4203-1-2015.html> (дата обращения: 10.10.2024).
5. Черкасов К.В., Романов И.А., Мешков С.А., Шашурин В.Д. Анализ вероятностных характеристик электрических параметров широкополосного балансного смесителя частот СВЧ радиосигналов на базе резонансно-туннельных диодов и оценка его надежности // Радиоэлектроника. Наносистемы. Информационные технологии. 2021. Т. 13, № 1. С. 19-26. DOI: 10.17725/rensit.2021.13.019.
6. Логинов Д.С., Холомина Т.А., Шерова И.Ф. Исследование влияния условий коммутации на измерение спектра низкочастотного шума магнитоуправляемых контактов // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2022. № 82. С. 228-236. DOI: 10.21667/1995-4565-2022-82-228-236.
7. Логунов Б.А., Харин И.А. Повышение эффективности испытаний моделей самолетов на флаттер с использованием измерительно-информационных систем в дозвуковой аэродинамической трубе // Вестник Московского энергетического института. Вестник МЭИ. 2021. № 5. С.103-107. DOI: 10.24160/1993-6982-2021-5-103-107.
8. Пронякин В.И., Миняева Л.Х. Фазохронометрическая система диагностики главного привода прокатного стана // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации. 2021. Т. 77, № 6. С. 704-710. DOI: 10.32339/0135-5910-2021-6-704-710.
9. Дегтярев А.А. Метрология: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 210100 «Управление и информатика в технических системах». М.: Акад. Проект, 2006. 254 с.
10. Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С. Метрология, стандартизация и технические средства измерений. М.: Высшая школа, 2008. 209 с.