УДК 006.91:658.5 DOI: 10.31799/2077-5687-2026-3-67-72

ОРГАНИЗАЦИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ РЕЗУЛЬТАТОВ ВБЛИЗИ ГРАНИЦ ДОПУСКА

К. В. Кучугура
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

Рассмотрена организация измерительного контроля деталей при получении значений вблизи границ допуска. Показано, что при приближении измеренного значения к границе допуска с учетом неопределенности измерения может потребоваться дополнительное действие перед принятием окончательного решения. Предложено выделять внутри поля допуска пограничную область и использовать для нее отдельный порядок контроля. При повторном появлении пограничных значений предусмотрен переход от проверки отдельной детали к анализу технологической операции. Работа схемы показана на модельном примере контроля диаметра вала.

Ключевые слова: измерительный контроль, границы допуска, неопределенность измерений, контроль качества, организация производства, дополнительный контроль.

Для цитирования:
Кучугура, К. В. Организация дополнительного измерительного контроля деталей при получении результатов вблизи границ допуска / К. В. Кучугура // Системный анализ и логистика. – 2026. – № 3(51). – с. 67-72. DOI: 10.31799/2077-5687-2026-3-67-72.

ORGANIZATION OF ADDITIONAL MEASUREMENT CONTROL OF PARTS WHEN RESULTS ARE CLOSE TO TOLERANCE LIMITS

K. V. Kuchugura
St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

The organization of the measurement control of parts when obtaining values near the tolerance limits is considered. It is shown that when the measured value approaches the tolerance limit, taking into account the measurement uncertainty, an additional action may be required before making a final decision. It is proposed to identify a boundary area within the tolerance field and use a separate control procedure for it. If boundary values appear repeatedly, a transition is provided from checking an individual part to analyzing the technological operation. The operation of the scheme is demonstrated using a model example of shaft diameter control.

Keywords: measurement control, tolerance limits, measurement uncertainty, quality control, production organization, additional control.

For citation:
Kuchugura, K. V. Organization of additional measurement control of parts when results are close to tolerance limits / K. V. Kuchugura // System analysis and logistics. – 2026. – № 3(51). – p. 67-72. DOI: 10.31799/2077-5687-2026-3-67-72.

Введение

В машиностроительном производстве решение о возможности передачи детали на следующую технологическую операцию принимается по данным контроля установленных параметров. Для линейных размеров измеренное значение сравнивают с нижней и верхней границами допуска. Если оно находится внутри установленного диапазона, изделие считается соответствующим требованиям; при выходе за его пределы действуют в соответствии с установленной на предприятии процедурой управления несоответствующей продукцией. Однако при таком подходе одинаково оцениваются значения, расположенные в середине поля допуска и непосредственно у его границы.

Неопределенность измерения характеризует разброс значений, которые могут быть обоснованно приписаны измеряемой величине. Подходы к оцениванию неопределенности измерений и представлению полученных результатов приведены в ГОСТ 34100.3-2017, область применения документа включает, в частности, измерения при контроле качества продукции [1]. При контроле геометрических параметров влияние неопределенности

особенно существенно, когда измеренное значение приближается к одной из границ допуска. ISO 14253-1:2017 устанавливает правила подтверждения соответствия и несоответствия с учетом неопределенности измерений [2]. Следовательно, необходимость учитывать неопределенность при принятии решения о соответствии уже закреплена в нормативных и методических документах. Влияние неопределенности измерений на достоверность контроля серийной продукции рассматривается и в современных исследованиях, где она связывается с рисками принятия ошибочных решений при контроле [3]. При этом обоснованность результата контроля зависит не только от самого измеренного значения, но и от соблюдения метрологических требований к измерениям и применяемым средствам [4].

С точки зрения организации производства важен порядок действий после получения значения, расположенного вблизи границы допуска, организация измерительного контроля при этом является частью метрологического обеспечения производственного процесса [5]. Если каждое такое изделие сразу направлять на измерение с применением более точного оборудования, возрастут трудоемкость процедуры и загрузка соответствующих средств. Если же не отличать пограничные значения от расположенных вдали от предельных размеров, можно пропустить ситуацию, в которой требуется уточняющая проверка.

В статье предлагается организационная схема, включающая выделение пограничной области внутри поля допуска, повторное измерение единичных пограничных значений и анализ технологической операции при их повторном появлении у одной из границ. Цель схемы – установить понятный порядок действий персонала после первичного измерения и до принятия окончательного решения по изделию.

1. Организация дополнительного контроля при пограничных результатах измерений

Для рассмотрения производственной ситуации примем операцию точения вала с номинальным диаметром 30,00 мм и допуском ±0,05 мм. Следовательно, допустимый диапазон размера составляет 29,95-30,05 мм. Контроль выполняется непосредственно после обработки, перед передачей детали на следующую технологическую операцию. При организации контроля выбор метода измерений и применяемого технического средства является одним из основных элементов измерительного процесса [6]. Для модельного примера расширенную неопределенность измерения примем равной U = 0,01 мм. Это условное значение используется только для демонстрации предлагаемого порядка действий.

В данной статье под пограничной областью понимается часть поля допуска, ширина которой равна принятой для контроля расширенной неопределенности. Для рассматриваемого примера основная область составляет от 29,96 до 30,04 мм включительно, а к пограничным относятся значения ниже 29,96 мм и выше 30,04 мм в пределах установленного допуска. Такое деление показано на рис. 1. Оно не вводит новый допуск на изделие: технические требования по-прежнему составляют 29,95-30,05 мм. Выделенная зона используется только как внутренний признак, после которого меняется порядок дальнейших действий.

Если измеренное значение находится в основной области допуска, изделие проходит по обычному производственному порядку. При попадании в пограничную область предлагается выполнить повторное измерение. При оценке сходимости и воспроизводимости измерительного процесса используются серии повторных измерений, позволяющие оценить влияние условий измерения и оператора на изменчивость получаемых значений [7]. Повторное измерение выполняется после проверки правильности установки детали и с соблюдением принятого порядка выполнения измерений [8]. Окончательное решение принимается по установленной процедуре оценки соответствия.

Такой порядок позволяет не направлять все изделия подряд на более точное измерительное оборудование и одновременно выделяет значения, требующие повышенного внимания. В модельном примере ширина пограничной области условно принимается равной расширенной неопределенности U. Это допущение используется для наглядного

представления схемы и не рассматривается как универсальное правило. При практическом применении способ выделения такой зоны должен быть согласован с действующими на предприятии правилами принятия решений о соответствии.

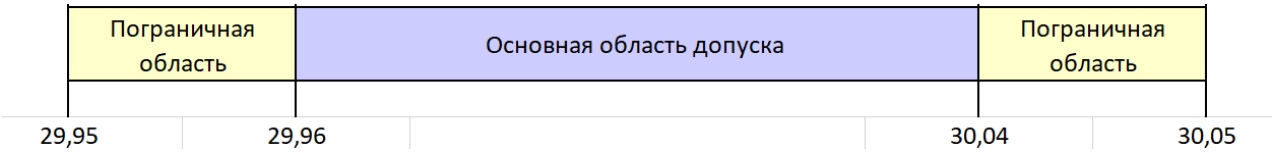


Рис. 1. Выделение пограничной области внутри поля допуска

2. Переход от дополнительного контроля детали к проверке технологической операции

Единичный пограничный результат сам по себе не означает, что технологический процесс изменился. Причиной может быть сочетание разброса процесса, условий измерения и характеристик применяемого средства измерения (СИ). Поэтому при единичном пограничном результате достаточно дополнительной проверки самой детали. Иная ситуация возникает, если результаты нескольких последовательно изготовленных деталей смещаются к одной и той же границе допуска.

Например, значения 30,034; 30,039; 30,042; 30,044; 30,046; 30,047 и 30,048 мм демонстрируют устойчивое приближение контролируемого размера к верхней границе. Все приведенные значения еще соответствуют установленному допуску, однако анализ последовательности результатов позволяет выявить устойчивую тенденцию изменения контролируемого параметра ещё до его выхода за установленный предел [9]. В рассматриваемом случае сохранение такой тенденции может привести к превышению значения 30,05 мм. Повторное измерение каждой детали при этом подтверждает только ее текущее состояние, но не позволяет установить причину наблюдаемого смещения.

Поэтому предлагается учитывать повторяемость пограничных значений у одной и той же границы допуска. Обозначим через $n_{гр}$ число таких значений, полученных подряд, а через $n_{кр}$ – контрольное число, установленное для конкретной операции. Проверка технологической операции инициируется при выполнении условия $n_{гр} \geq n_{кр}$. В модельном примере принято $n_{кр} = 3$. Это значение используется только для демонстрации работы схемы и не рассматривается как нормативное: для реального производства его следует задавать с учетом характера операции и принятого порядка контроля.

После выполнения условия $n_{гр} \geq n_{кр}$ оператор или контролер передает информацию ответственному за технологическую операцию. В зависимости от особенностей производства проверяют состояние режущего инструмента, настройку станка, закрепление детали и условия обработки. На рис. 2 показано, как при сохранении общей тенденции значения постепенно переходят в пограничную область и приближаются к верхнему пределу допуска. Таким образом, повторяющиеся пограничные значения служат основанием обратить внимание уже на состояние процесса обработки, а не только на отдельное изделие. Требования к управлению процессами измерений и применяемым измерительным оборудованием установлены в ГОСТ Р ИСО 10012-2008 [10].

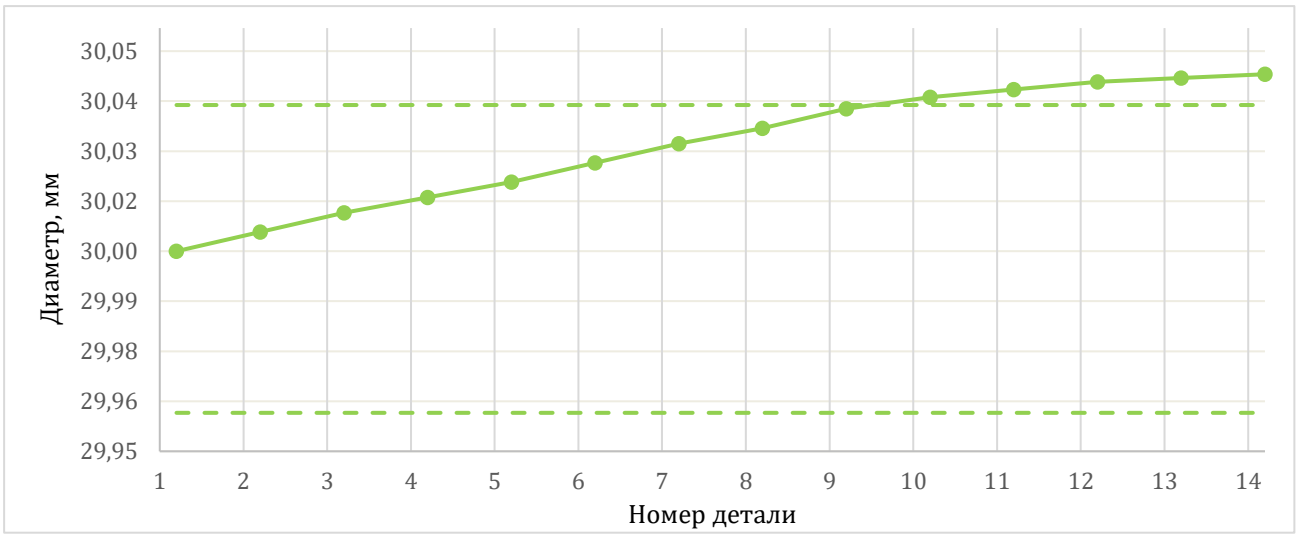


Рис. 2. Пример последовательного приближения результатов к верхней границе допуска

3. Модельный пример применения предлагаемой схемы

Рассмотрим условную партию из 14 валов после токарной обработки. Для первых восьми изделий получены значения от 30,002 до 30,034 мм. Они находятся в основной области допуска, поэтому уточняющие действия не требуются. Для девятого изделия получено 30,039 мм, что также находится вне пограничной области. Для изделий № 10-14 зафиксированы значения 30,042; 30,044; 30,046; 30,047 и 30,048 мм соответственно. Все пять относятся к принятому интервалу 30,04-30,05 мм.

При сравнении только с техническим допуском все 14 изделий соответствуют требованию 29,95-30,05 мм. По предлагаемой схеме изделия № 10–14 относятся к пограничной области и подлежат уточняющему измерению. На изделии № 12 фиксируется третье подряд пограничное значение, поэтому выполняется условие $n_{гр} \geq n_{кр}$ и появляется основание оценить состояние технологической операции. Такое действие возникает до появления размера, выходящего за верхний предел допуска.

Сравнение двух вариантов показывает различие в организации действий. При оценке только по предельным размерам дополнительный сигнал в рассматриваемой серии не возникает, поскольку ни одно значение не превышает 30,05 мм. Предлагаемая схема не меняет вывод о соответствии этих изделий, но выделяет пять пограничных значений и после третьего из них требует обратить внимание на состояние технологической операции.

Если пограничное значение является единичным, порядок остается иным. Например, при размере 30,047 мм и последующем возврате к 30,01-30,02 мм уточняющее измерение выполняется только для одного изделия; условие $n_{гр} \geq n_{кр}$ не выполняется, поэтому оснований для анализа технологической операции по предлагаемой схеме нет.

Практический эффект подхода состоит прежде всего в упорядочении действий персонала. Контролеру не требуется в каждом отдельном случае самостоятельно определять, является ли близость измеренного значения к пределу достаточным основанием для повторной проверки. Во внутренней инструкции предприятия можно заранее установить порядок повторного измерения, условия применения более точного средства и передачи информации технологу. Для серийного производства это позволяет одинаково действовать в повторяющихся ситуациях.

Для применения предлагаемой схемы порядок действий целесообразно заранее закрепить в документации предприятия. В ней могут быть указаны способ выделения пограничной области, последовательность повторного измерения, применяемое средство уточняющей проверки и условие передачи информации ответственному за процесс обработки.

Это позволяет разграничить действия при единичном пограничном значении и при устойчивом смещении контролируемого параметра.

Заключение

Измеренное значение, расположенное внутри установленного допуска, не всегда требует одинакового производственного действия. При приближении к его пределу целесообразно предусмотреть уточняющую процедуру, не изменяя при этом установленный допуск на изделие.

В статье предложено выделять внутри поля допуска пограничную область и учитывать не только единичное попадание в нее, но и повторяемость таких значений у одной из границ. Для перехода к оценке технологической операции введено условие $n_{гр} \geq n_{кр}$, где контрольное число задается для конкретного процесса. На модельном примере показано, что такая схема формирует сигнал для дополнительных действий еще до фактического выхода размера за предел допуска.

Применение данного подхода позволяет разграничить единичное попадание в пограничную область и устойчивое смещение измеряемого параметра в сторону предельного значения, а также заранее определить действия контролера и технологического персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 34100.3-2017/ISO/IEC Guide 98-3:2008. Неопределенность измерения. Часть 3. Руководство по выражению неопределенности измерения. – М.: Стандартинформ, 2018. – 112 с.
2. ISO 14253-1:2017. Geometrical product specifications (GPS) – Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment – Part 1: Decision rules for verifying conformity or nonconformity with specifications. – Geneva: International Organization for Standardization, 2017. – 23 p.
3. *Данилевич С. Б.* Имитационное моделирование при метрологическом анализе и синтезе методик контроля / С. Б. Данилевич, К. П. Арсютин // Компетентность. – 2026.– № 1. – С 28-31.
4. Основы метрологии: учеб. пособие / В. В. Окрепилов [и др.] – СПб.: ГУАП, 2019. – 485 с.
5. *Ефремов Н. Ю.* Метрологическое обеспечение цифровых и интеллектуальных производств: учеб. пособие / Н. Ю. Ефремов. – СПб.: Изд-во ГУАП, 2023. – 76 с.
6. *Коршунов Г. И.* Развитие методов и средств измерений, испытаний и контроля на основе инноваций и цифровизации: учеб. пособие / Г. И. Коршунов, С. Л. Поляков, И. А. Шишкин. – СПб.: Изд-во ГУАП, 2022. – 102 с.
7. *Шкаруба Н. Ж.* Оценка сходимости и воспроизводимости измерительного процесса при дефектации диаметров шеек коленчатого вала / Н. Ж. Шкаруба // Вестник ФГОУ. – 2015. – № 1 (65). – С. 42–46.
8. *Гущина Е. А.* Контроль деталей на цифровых средствах измерений: лабораторный практикум / Е. А. Гущина, К. В. Золотухин, Н. Ю. Ефремов и др. – СПб.: Изд-во ГУАП, 2024. – 76 с.
9. *Харитонов А. М.* Статистические методы контроля качества: учеб.-метод. пособие / А. М. Харитонов, М. И. Харитонов. – СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2018. – 36 с.
10. ГОСТ Р ИСО 10012-2008. Менеджмент организации. Системы менеджмента измерений. Требования к процессам измерений и измерительному оборудованию. – М.: Стандартинформ, 2009. – 26 с.



ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Кучугура Кристина Владимировна
Студент
Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения
Россия, 190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д.67, лит. А
E-mail: kuchugura01@bk.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kuchugura Kristina Vladimirovna
Student
Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation
67, Bolshaya Morskaia str., Saint-Petersburg, 190000, Russia
E-mail: kuchugura01@bk.ru

Дата поступления: 09.09.2026
Дата принятия: 14.09.2026