

Система геометрических допусков на изделия машиностроения и приборостроения. Проблемы развития инновационной группы зазоров и натягов

К. Епифанцев, к. т. н.¹

УДК 006.1 | ВАК 2.2.4

В процессе разработки изделий машиностроения и приборостроения важное значение имеют посадки, определяющие зазор или натяг между валом и отверстием, а значит, контролирующие допуски формы изготавливаемых деталей. Современные типы высокоскоростных двигателей и аналогичных систем моделируются с учетом требований микронеровностей поверхности, для этих целей разрабатываются новые типы посадок, значительно превосходящие по своим характеристикам использовавшиеся ранее типы. В статье обсуждается применение посадок системы ANSI и графических обозначений стандартов ИСО для уменьшения потенциальных дефектов допусков формы, ориентации, месторасположения и биения.

Европейские и американские системы геометрических допусков развиваются быстрыми темпами. Это обусловлено не только развитием компьютерных технологий, но и повышением точности современных измерительных приборов с каждым новым видом процессора, технологии, метода.

С 2013 года в ГОСТ 25346-2013 и ГОСТ 53442-2015 [1, 2] появились требования «прилегания (E)». Данное обозначение проставляется в тех посадках, куда будут устанавливаться подшипники. Это требование подразумевает более точную обработку поверхностей, акцентирует внимание оператора на процессе изготовления отверстия и процессе последующего контроля детали на ОТК. Также предполагается обязательное изготовление проходного и непроходного калибра-пробки. Данное условно-графическое обозначение – это дополнительная подсказка для технолога о том, что измерения качества обработки подобных поверхностей лучше всего произвести с помощью координатно-измерительной машины или трехточечного нутромера. При использовании требования прилегания, которое в ИСО-стандарте (рис. 1) прописано в виде максимума материала (M), минимума материала (L), требования прилегания (E). Данный момент в стандарте уточняется следующим образом: «В тех случаях, когда установления допуска на размер согласно международному стандарту ИСО 286-1:2010 оказывается недостаточно для

обеспечения выполнения посадкой своего функционального назначения, могут быть дополнительно установлены требование прилегания согласно стандарту ГОСТ 25346-2013 [3], допуски геометрической формы, а также требования к шероховатости поверхности». Применение требования максимума материала также известно в системе

ISO 7083:2021(E)

Table 10 (continued)

No.	ISO reg. no.	Symbol	Symbol name or description Standards symbol used in
137		Ⓣ	Tangent feature ISO 1101
138		Ⓧ	Maximum inscribed feature ISO 1101
139		Ⓐ	Deviated feature ISO 1101
140		Ⓟ	Projected tolerance zone ISO 1101
141		Ⓜ	Maximum material requirement ISO 1101 ISO 2692
142		Ⓛ	Least material requirement ISO 1101 ISO 2692
143		Ⓡ	Reciprocity requirement ISO 1101 ISO 2692
144		ⓕ	Free state condition (non-rigid parts) ISO 1101 ISO 10579 ISO 14405-1
145		ⓔ	Envelope requirement ISO 1101 ISO 14405-1

Рис. 1. Требования в стандарте ИСО, касающиеся соблюдения дополнительных требований к геометрии детали

¹ ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, Россия, Россия, доцент, epifancew@gmail.com.

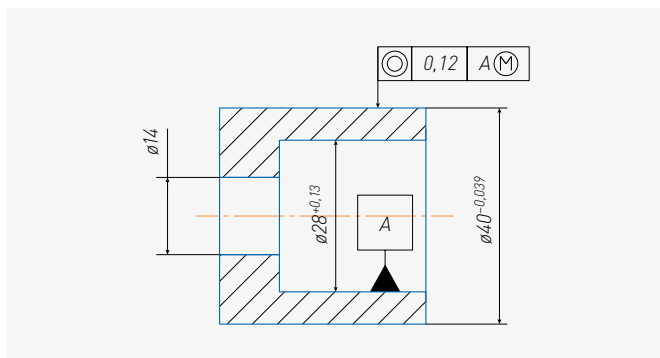


Рис. 2. «Зависимые допуски»

ЕСКД под формулировкой «зависимые допуски» (рис. 2), которые обуславливают зависимость части допуска (например, цилиндричности) за счет допуска линейного. Если токарь готов сделать деталь точнее и уменьшить риски на граничные элементы предельных отклонений, значит, он может более вариативно подойти к допуску формы. Или другими словами: «От перестановки мест слагаемых сумма не меняется, однако при этом, если вы уменьшаете одно слагаемое, для равной суммы, вы должны увеличить другое».

Важно также отметить, что в системе ИСО есть отдельный ГОСТ (ГОСТ Р 53442-2015 [2]) по требованию прилегания (правило Тейлора), который описывает специфическую скользящую посадку (как предполагается, заимствованную у группы отраслевых стандартов СССР). Данная посадка по правилу Тейлора должна применяться в местах установки под подшипники, и подобный размерный элемент должен иметь дополнительное обозначение «Е». В ГОСТ 25346-2015 «Основные нормы взаимозаменяемости» дополнительно приводится следующий пример: «для любого размерного элемента с допуском, обозначение которого содержит класс допуска ИСО, наличие требования прилегания подразумевалось по умолчанию без указания на чертеже, даже если элемент, в отношении размера которого установлен допуск, не образует посадку. Пример. Для цилиндрической головки винта с указанным размером $24h13$ требование прилегания предъявлялось автоматически» [4, 5].

В процессе развития системы машиностроения в СССР было установлено 12 типов посадок, которые включали в себя посадки тугие, широкоходовые, скользящие, пресовые и др. Однако с принятием новой парадигмы в приоритете остались три основных типа посадок – с зазором, с натягом, переходные. Между тем, система квалитетов, направленных на развитие машиностроительных технологий, начала создавать так называемые межинтервальные допуски, увеличивая таблицу квалитетов. Развитие и совершенствование измерительного инструмента приводит к изменению допусков – они ужесточаются.

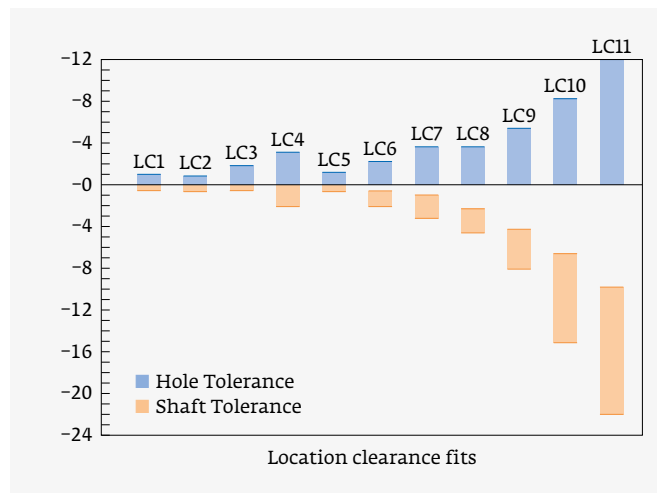


Рис. 3. Типы посадок по системе стандартов ИСО

Современная система стандартов ИСО (рис. 3) рекомендует использовать следующие типы посадок для отверстия и вала – с зазором, с натягом, переходные. Однако в системе американского стандарта ANSI существует группа посадок, превышающая по своей численности европейскую систему в 10 раз.

- **Плотные скользящие посадки [RC1].** Предназначены для точного расположения деталей, которые должны собираться без заметного люфта (Группа H5-g4).
- **Скользящие посадки [RC2].** Предназначены для точного расположения деталей, но с большим максимальным зазором, чем класс RC 1. Детали, изготовленные по такой подгонке, легко перемещаются и поворачиваются, но не предназначены для свободного хода, а при больших размерах могут «заедать» при небольших перепадах температуры (Группа H6-g5).
- **Прецизионные ходовые посадки [RC3].** Наиболее подходящие, которые, предполагается, будут работать свободно. Предназначены для точной работы на низких скоростях и при незначительном давлении в цапфе, но не подходят там, где могут возникнуть заметные перепады температур (Группа H7-f6).
- **Плотные посадки [RC4].** Предназначены главным образом для посадочных мест на точных машинах с умеренными скоростями движения по поверхности и давлением на цапфу, где требуется точное расположение и минимальный люфт (Группа H8-f7).
- **Средние ходовые посадки [RC5]–[RC6].** Предназначены для более высоких скоростей хода или больших давлений на цапфу (Группа H8-e7).
- **Посадки для свободного хода [RC7].** Предназначены для использования там, где точность не является существенной, или где возможны большие

Таблица 1. Типы посадок класса LC

Fit	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	LC 6	LC 7	LC 8	LC 9	LC 10	LC 11
Symbol	H6-h5	H7-h6	H8-h7	H10-h9	H7-g6	H9-f8	H10-e9	H10-d9	H11-c10	H12-	H13

Таблица 2. Типы посадок класса LT

Fit	LT 1	LT 2	LT 3	LT 4	LT 5	LT 6
Symbol	H7-js6	H8-js7	H7-k6	H8-k7	H7-n6	H7-n7

Таблица 3. Типы посадок класса LN

Fit	LN 1	LN 2	LN 3
Symbol	H6-n5	H7-p6	H7-r6

колебания температуры, или в обоих этих случаях (Группа H9-d8).

- **Свободные посадки [RC8]–[RC9].** Предназначены для использования там, где могут потребоваться широкие коммерческие допуски, а также припуск на внешний элемент [7].
- **Посадки Locational clearance fits [LC].** Локальные посадки с зазором (табл. 1).
- **Посадки Locational transition fits [LT].** Локальные переходные посадки (табл. 2).
- **Посадки Locational interference fits.** Локальные посадки с натягом (табл. 3).
- **Силовые посадки Force fits** (табл. 4).

Данные новые типы посадок появились в связи с развитием новых технологий, появлением трехмерных чертежей, новых конструкций машин и механизмов, создаваемых на аддитивном производстве. Главным правилом для технолога или конструктора, который использует или читает данные обозначения на чертежах, является применение более тщательной обработки деталей для уменьшения шероховатости, применение трехкоординатных измерительных технологий для контроля размеров, обозначенных подобными знаками.

Таблица 4. Типы посадок класса FN

Обозначение	Описание	Символ
Light drive fits [FN1]:	Подходит для установки, требующей небольшого давления при сборке, и позволяет производить более или менее постоянные сборки. Они подходят для тонких профилей или длинных посадок, а также для внешних элементов из чугуна	H6
Medium drive fits [FN2]	Подходит для обычных стальных деталей или для усадки на легких участках. Они обеспечивают самую плотную посадку, которую можно использовать с высококачественными чугунными внешними элементами	H7-s6
Heavy drive fits [FN3]:	Подходит для более тяжелых стальных деталей или для усадки в средних сечениях	H7-t6
Force fits [FN4]–[FN5]:	Подходит для деталей, которые могут подвергаться сильным нагрузкам, или для усадки, когда требуемые большие усилия прессования непрактичны	H7-u6 H8-x7

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO/R 1938:1971 – ISO system of limits and fits – Part II: Inspection of plain workpieces.
2. ГОСТ Р 53442-2015 (ИСО 1101:2012). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Установление геометрических допусков. Допуски формы, ориентации, месторасположения и биения. М.: Стандартиформ, 2015.
3. ГОСТ 25346-2013 (ISO 286-1:2010). Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Основные положения, допуски, отклонения и посадки. М.: Стандартиформ, 2013.
4. CHIPMAKER. URL: <https://www.chipmaker.ru/topic/109197/> (дата обращения: 10.06.2021).
5. ISO 8015:1985 Technical drawings – Fundamental tolerancing principle.
6. **Епифанцев К. В.** Интерпретации системы координирующих размеров и размерных элементов КД // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2021. Т. 23. № 6 (104). С. 52–55.
7. ANSI/ASME B4.1-1967 (R2004) Предпочтительные пределы и посадки для цилиндрических деталей.



GSM7-20H10

Прецизионный источник-измеритель

- Диапазоны источника/измерения пост. напряжения: ± 200 мВ... ± 200 В
- Диапазоны источника/измерения пост. тока: ± 10 пА... ± 1 А (макс. мощность до 22 Вт)
- Макс разрешение источника/измерителя по напряжению: 1 мкВ; по току 10 пА
- Базовая точность источник /измеритель по напряжению: $\pm 0,015\%$; ток $\pm 0,03\%$
- Измерение сопротивления до 200 МОм (разрешение 10 мкОм/ $\pm 0,05\%$)
- Измерение сопротивления по 2-х, 4-х, и 6-проводной схеме
- Макс. скорость измерений 50К отсчетов в секунду. Внутренняя память 5000 измерений
- Воспроизведение встроенных выходных профилей – 2500 точек
- Встроенная функция Limit с поддержкой 11 групп допусковых тестов Годен/ Негоден
- Интерфейс: USB, LAN, RS-232, цифровой I/O, опция - GPIB

Работа в 4-квadrантах

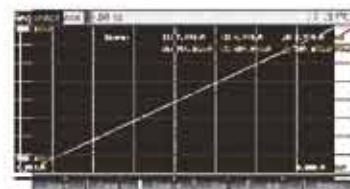


График ВАХ